



# FICHAS TÉCNICAS

Sistemas bioconstructivos aplicados en la región Puebla-Tlaxcala.





#### 4. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos principales de una construcción con materiales naturales es poner en práctica un proceso más justo , ambientalmente sostenible y equitativo con el entorno.

El proceso bioconstructivo retoma los aspectos naturales de una región que se ven reflejados en la composición de la estructura, materiales y diseño arquitectónico vernáculo , empleando las habilidades locales como la mano de obra y solucionando de manera holística el levantamiento de una vivienda.

Dentro de la región Puebla- Tlaxcala, se han encontrado diversos ejemplos de técnicas constructivas que en la actualidad se siguen aplicando. En este capítulo se mostrarán dichos métodos por medio de fichas técnicas donde se mencionará su composición , capacidad estructural y térmica, así como las herramientas y procedimiento para el levantamiento de un muro; se indicarán las ventajas y desventajas de cada proceso .





**PACAS DE PAJA**

**TRIGO  
ARROZ  
CEBADA**

Hechas a base de varas y fibras de trigo, arroz o cebada donde se compactan formando bloques regulares; usado para muros.



**TIERRA ARENOSA**

Contiene un elevado porcentaje de partículas pequeñas de sílice; se utiliza para la composición de muros de tierra y acabados.



**TIERRA ARCILLOSA**

Tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, se utiliza para la composición de muros de tierra y acabados.



**BAMBÚ**

Hierba gigante leñosa con tallos duros y vigorosos, utilizado como componente estructural.



**CAL**

Material cementante, que se obtiene de la roca sedimentaria caliza; existen dos tipos: cal viva y apagada o hidratada.

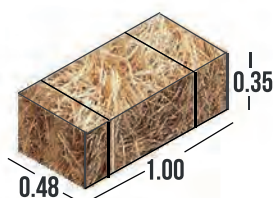


**PIEDRA BRAZA**

Material natural de origen volcánico, usado para muros de carga y cimentación.

### CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

#### PACA DE PAJA



0.48X 1.00X 0.35 M

#### DIMENSIONES

#### COMPOSICIÓN

CEREALES	MATERIA SECA (MS) %	FIBRA Y PARED CELULAR %	FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN) %
PAJA DE TRIGO	92.7	40.6	85.0
PAJA DE SORGO	93.2	35.0	76.0
PAJA DE CEBADA	91.5	42.3	71.0
PAJA DE ARROZ	91.8	35.1	70.2
PAJA DE AVENA	92.1	41.1	72.3
PAJA DE CENTENO	92.2	42.0	71.0

#### APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

La cantidad anual de esquilmos (residuos agrícolas), oscila alrededor de 45 millones de toneladas de materia seca para los diez principales cultivos (maíz, sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, algodón, cártamo y ajonjolí), las pajas de sorgo (6,600,000 toneladas) y de trigo (4,500,000 toneladas) representan poco más del 81% de los residuos de cultivos. (SAGARPA, 2015, p. 2)

#### BAMBÚ



DE 3 A 5 AÑOS DEBEN DE TENER LOS BAMBÚES PARA SU USO.

#### CARACTERÍSTICAS

ESPECIE	ALTURA (M)	ORIGEN	Ø (CM)
GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH	17 A 24	CENTRO AMÉRICA Y PARTE DE SUR AMÉRICA	12
GUADUA ACULEATA	12 A 25	CENTRO AMÉRICA ENTRE MÉXICO Y PANAMÁ	10 A 15
GUADUA AMPLEXIFOLIA	18	MÉXICO, HONDURAS, EL SALVADOR, COSTA RICA, PANAMÁ, NICARAGUA.	10
GUADUA INERMIS	10 A 12	MÉXICO	4 A 7
GUADUA PANICULATA MUNRO	6 A 9	SE EXTIENDE DE MÉXICO HASTA BOLIVIA.	1 A 4
GUADUA SUPERBA HUBER	15 A 20	SELVA AMAZÓNICA DE COLOMBIA, BRASIL Y PERÚ	9 A 12
GUADUA CHACOENSIS	10 A 20	PARAGUAY, NORTE DE ARGENTINA, TRÓPICO BOLIVIANO Y SUR DE BRASIL.	12
GUADUA WEBERBAUERI	20 A 25	AMAZONIA DE BRASIL, COLOMBIA, PERÚ Y VENEZUELA.	7 A 10
GUADUA SARCOCARPA LONDOÑO	20 A 25	BRASIL, BOLIVIA Y PERÚ	5 A 10

#### PROCEDENCIA

La Guadua es un género endémico de América Latina, reúne 29 especies, de las cuales 17 han sido descritas en los últimos 20 años. La región amazónica de Brasil, Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y Venezuela se considera el centro de origen del mismo. (SENSICO, 2014, p. 15)

# ARCILLA

## COMPONENTE



SILICATO HIDRATADO DE ALÚMINA  
 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

COMPOSICIÓN		
TIPOS	TAMAÑO DE PARTÍCULA	CARACTERÍSTICAS
FIGULINA	0.02MM O MENOS	CONTIENE IMPUREZAS COMO ARENA, CALIZA Y ÓXIDOS DE HIERRO.
REGRACTARIA		ES RICA EN ÓXIDOS METÁLICOS Y TIENE LA PROPIEDAD DE SER RESISTENTE AL CALOR.
ROJA		DEPÓSITO FORMADO POR LOS RESTOS DE MATERIALES CALCÁREOS Y FERRÍGENOS.
FERRUGINOSA		CONTIENE DIFERENTES TIPOS DE ÓXIDO DE HIERRO QUE PUEDEN SER DE COLOR AMARILLO, OCRE O NEGRA
MARGA		ES UN MATERIAL IMPERMEABLE Y FRÁGIL, CON UN CONTENIDO DE CALIZA ENTRE 20 A 60% APROX.
MAGRA		CONTIENEN CIERTO GRADO DE IMPUREZAS, LO QUE AFECTA SUS PROPIEDADES PLÁSTICAS.
PIZARRA		FORMACIONES ANTIGUAS QUE SE PRESENTAN EN FORMA DE PLAQUETAS PARALELAS DIVIDIDAS.

## APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS

El territorio nacional estuvo sujeto a una gran actividad volcánica durante los periodos Oligoceno-Mioceno, lo cual provocó la formación de enormes depósitos de rocas vidriosas que a su vez fueron alteradas y dieron origen a la mayor parte de las arcillas que encontramos en México; los estados con importantes depósitos de arcilla son: Durango, Puebla, Tlaxcala, Zacatecas, Oaxaca, Guanajuato y Veracruz. (Domínguez J., Schifter I., 1995)

# ARENA



DIÓXIDO DE SILICIO  
 $SiO_2$

TIPOS	CARACTERÍSTICAS
ARENAS GRUESAS	LAS QUE PASAN UNA MALLA DE 5MM Y SON RETENIDAS POR OTRA DE 2MM.
ARENAS MEDIAS	PASAN CON UNA MALLA DE 2MM Y SON RETENIDAS POR OTRA DE 0.5MM.
ARENAS FINAS	SON AQUELLAS QUE PASAN EN UNA MALLA DE 0.5MM Y SON RETENIDAS POR OTRA DE 0.02 MM
AGREGADOS ARTIFICIALES	SE OBTIENEN DE LA DISGREGACIÓN MECÁNICA O ROCAS MAYORES, COMO EL BASALTO.



# COB

Sistema constructivo tradicional de barro crudo, está compuesto por una mezcla proporcionada de arcilla, arena y fibra vegetal (paja).

Su proceso de construcción consta de la colocación de tierra en forma de "esferas", teniendo un mejor manejo para moldear y levantar un muro con diversas formas orgánicas. Con este tipo de técnica, se construyen muros de carga monolíticos.

Resistencia: 16.86 kg/cm<sup>2</sup>  
Valores obtenidos en el ensayo de compresión con cilindros de Cob.  
(Ver en anexos).



# COB

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
MENOS ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> MUROS DE CARGA <input checked="" type="checkbox"/> ARCOS	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	 CARRETILLA	 PAJA
MAS ARENA	<input checked="" type="checkbox"/> CÚPULAS <input checked="" type="checkbox"/> ESCULTURAS	<input checked="" type="checkbox"/> TERMOMASA	 BOTE	 TIERRA ARCILLOSA
POCA PAJA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. RELLENO		 LONA	 TIERRA ARENOSA
				 AGUA



1 Colocar, extender la lona y sobre ésta, mezclar la tierra arcillosa y arenosa; tomando las cuatro puntas de la lona y llevarlas a lados contrarios, con el fin de incorporar mejor los materiales.



2 Distribuir la tierra en forma de volcán para incorporar el agua y revolver con los pies.



3 Nuevamente levantar los extremos de la lona para combinar la composición.



4 Agregar la paja y usando los pies se mezcla, hasta que el material quede cubierto.



5 Hacer "bolitas" con el material, para realizar el muro.

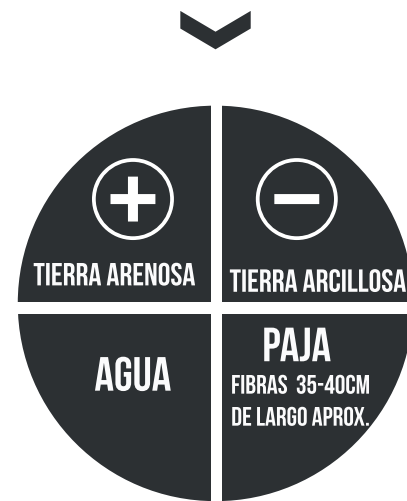


6 Sobre el cimiento ya construido, formar el muro con las bolitas, lanzando y compactando con las manos. Posteriormente se harán huecos sobre los muros para una mejor adherencia del acabado.

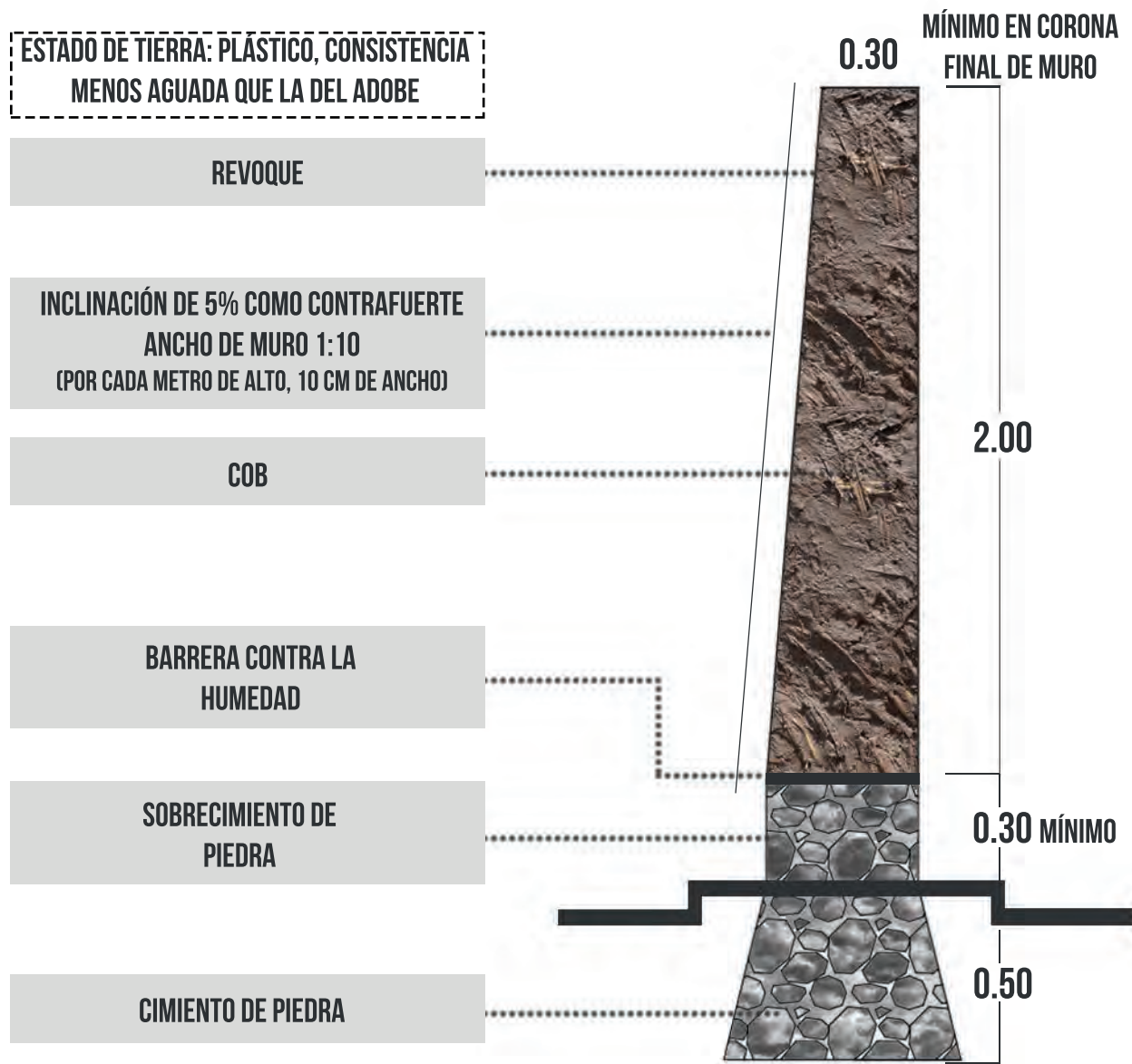


7 Los avances diarios no deben de superar los 60 centímetros de altura. El ancho mínimo para un muro de cob no debe ser menor a 30 centímetros.

## PROPORCIONES



\* AGREGAR PAJA Y AGUA HASTA QUE LA MEZCLA TENGA UNA CONSISTENCIA COMPACTADA



#### VENTAJAS

- \*Buena capacidad estructural.
- \*Las herramientas más importantes son las manos y los pies.
- \*Facilidad de moldear el material.
- \*Fácil y económico mantenimiento a la estructura.
- \*Parte del mobiliario se puede hacer de cob.

#### DESVENTAJAS

Durante el proceso, es preferible realizarlo durante los periodos donde no presente lluvias continuas para un mejor manejo del material.

#### COMENTARIOS

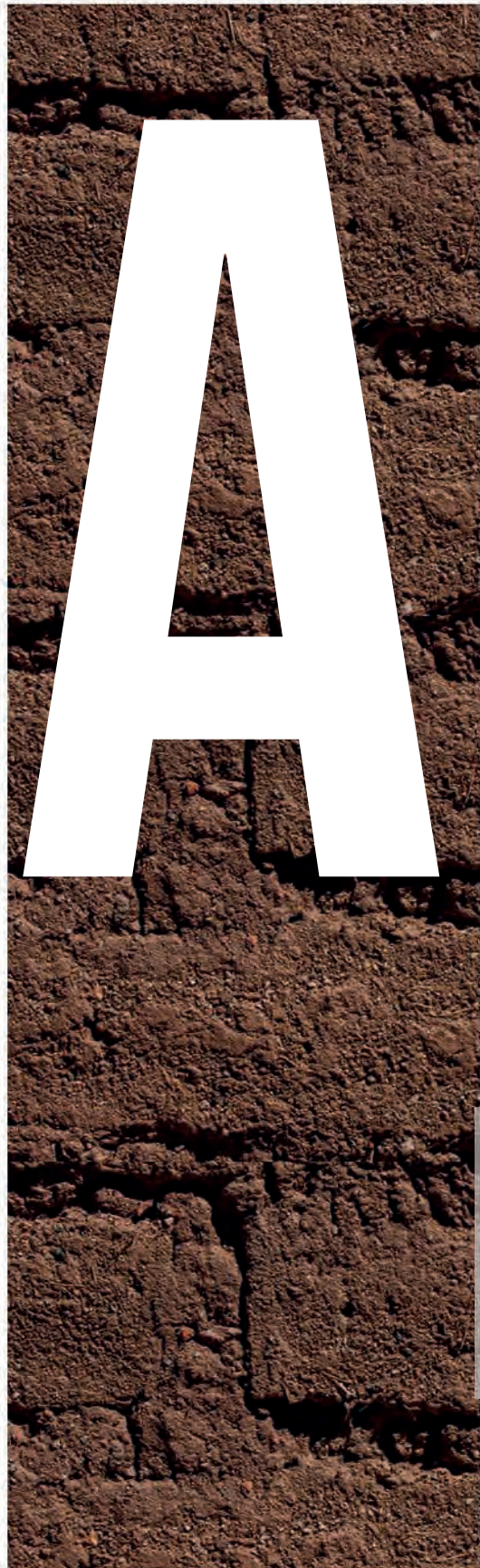
Este tipo de sistema constructivo alcanza gran resistencia al secar ya que trabaja con tres elementos básicos:

- Arena: elemento resistente de la mezcla; brinda la dureza requerida para la fuerza de compresión.

-Arcilla: trabaja como material conglomerante.

Fibra vegetal: ejerce su función de absorber los esfuerzos de tensión.





# ADOBE

Es el material que más se ha encontrado en diferentes regiones geográficas, los más antiguos datan de 7000 a. C.

Su fabricación se realiza a partir de una mezcla de tierra que tenga cierta cantidad de arcilla (ligamento) y bastante arena (agregado grueso) y por último se le agrega agua y paja.

A diferencia del cob, en esta técnica se tiene que moldear bloques y dejarlos secar a la sombra para posteriormente levantar el muro.

# ADOBE

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
MENOS ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> MUROS DE CARGA	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	 CARRETILLA	 PAJA
MAS ARENA	<input checked="" type="checkbox"/> COLUMNAS		 BOTE	 TIERRA ARCILLOSA
POCA PAJA	<input checked="" type="checkbox"/> ARCOS	<input checked="" type="checkbox"/> TERMOMASA	 MOLDE O GAVERA	 TIERRA ARENOSA
	<input checked="" type="checkbox"/> BÓVEDAS		 PALA	 AGUA
	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. RELLENO			



1 Formar un volcán con los dos tipos de tierra y agregar agua para tener una mezcla húmeda; dejar remojar por lo menos un día antes de añadir la paja.



2 Revolver la mezcla con los pies de 20 a 30 minutos (dependiendo de las condiciones climáticas).



3 Rellenar los moldes con el compuesto, comprimiendo para no dejar burbujas de aire.



4 Desmoldar inmediatamente y limpiar el molde para su próximo uso.



5 Después de tres días de desmoldado, el bloque se coloca de canto para que se vaya secando.

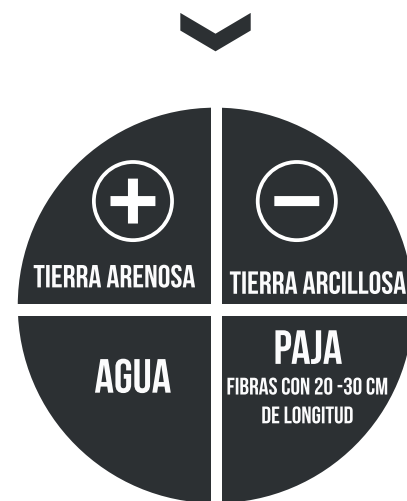


6 Perfilar los bloques (quitar los excedentes de las aristas).

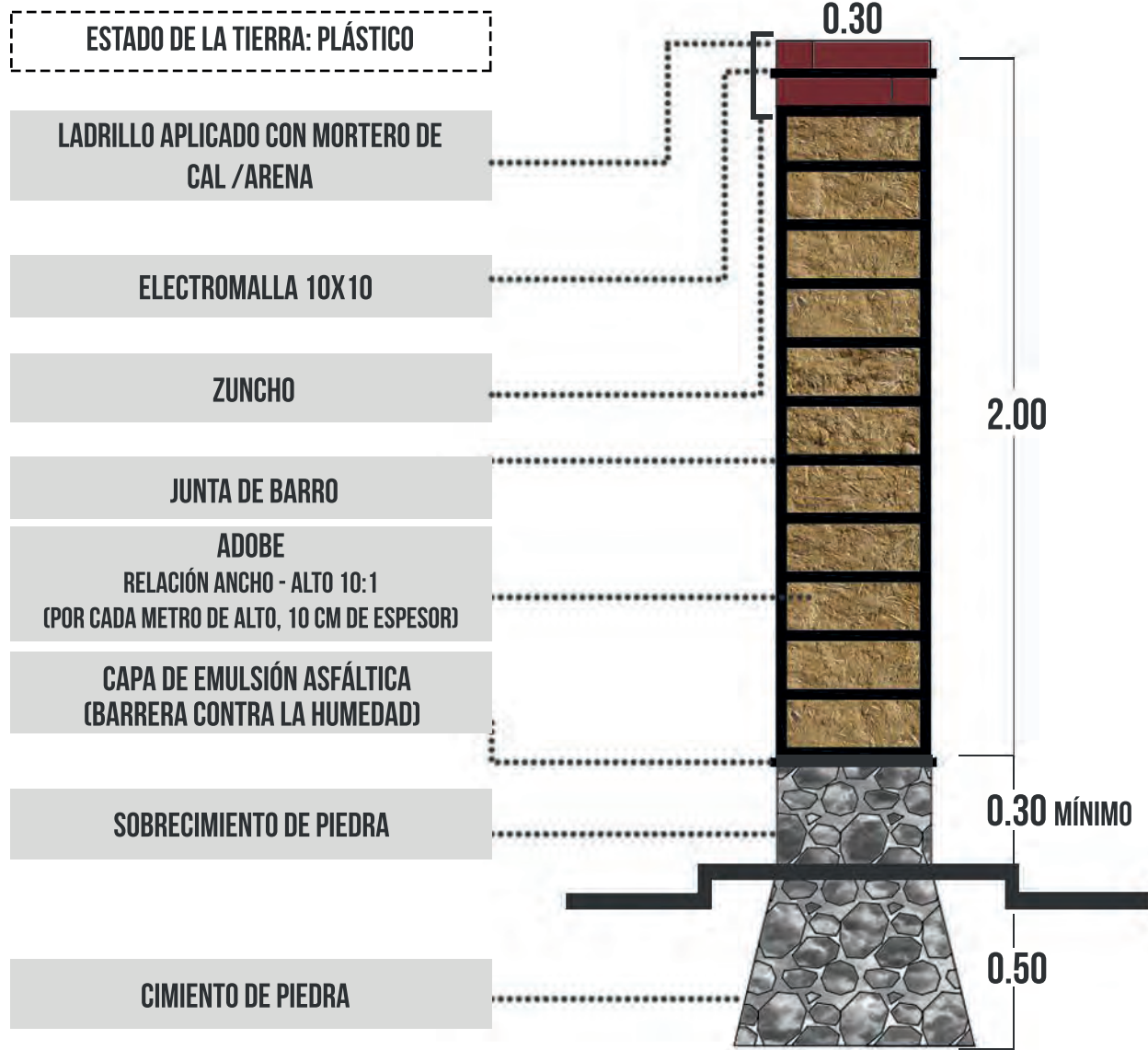


7 Almacenar los adobes unos sobre otros, procurando protegerlos de la lluvia.

## PROPORCIONES



\* AGREGAR PAJA Y AGUA HASTA QUE LA MEZCLA TENGA UNA CONSISTENCIA COMPACTADA



#### VENTAJAS

- \*Bajo consumo energético por la capacidad térmica del material.
- \*Es una estructura de fácil mantenimiento ya que el material se puede encontrar en el mismo sitio.
- \*El material permite crear formas flexibles en el diseño de una estructura.
- \*La fabricación del material es de bajo impacto ambiental.

#### DESVENTAJAS

Vulnerabilidad ante el agua.

#### COMENTARIOS

Las casas construidas con adobe son frescas durante el verano y cálidas en invierno, logrando un agradable confort térmico. El coeficiente de conductividad térmica (capacidad para conducir el calor) del adobe es de  $0.25 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ , siendo el del ladrillo  $0.85 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$  y el concreto de  $1.50 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ ; lo que significa que la capacidad térmica de un muro de adobe evita el uso de sistemas de climatización, generando un ahorro económico, energético y de emisiones de  $\text{CO}_2$  muy importante.

Low tech Magazine, (2011) *Construir con Tierra (2): Eficiencia Energética*. Recuperado de: <http://www.es.lowtechmagazine.com/>





# TIERRA

# COMPACTADA

La técnica de tierra compactada se basa en la compactación de la tierra húmeda por hiladas, mediante el apisonado in situ. Es necesaria una cimbra o encofrado desmontable de madera (cajón) de dimensiones 1.50 m x 0.90 m (el ancho varía de acuerdo a las necesidades del diseño).

Su proceso de construcción se divide en tres fases :

- 1) Encofrado de los cajones de madera para su posterior llenado con una mezcla de tierra arcillosa y arenosa.
- 2) Compactación del mismo.
- 3) Desmontaje de la cimbra.

# TIERRA COMPACTADA

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP. TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
MENOS ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> MUROS DE CARGA	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	CARRETILLA	TIERRA ARCILLOSA
MAS ARENA	<input checked="" type="checkbox"/> COLUMNAS	<input type="checkbox"/> TERMOMASA	BOTE	TIERRA ARENOSA
SIN PAJA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. RELLENO		PISÓN METÁLICO	AGUA
			CIMBRA	



1 Cernir la arcilla para lograr una granulometría uniforme.



2 Mezclar la arcilla con la arena y cal para estabilizar la mezcla y evitar posibles fisuras en muro.



3 Agregar agua a la mezcla para que el compuesto quede semiseco.



4 Verter la mezcla dentro de la cimbra en capas de no mas de 10 centímetros.



5 Extender la tierra dentro de la cimbra y con el pisón de madera compactar las orillas.



6 Compactar la tierra del centro con el pisón metálico.

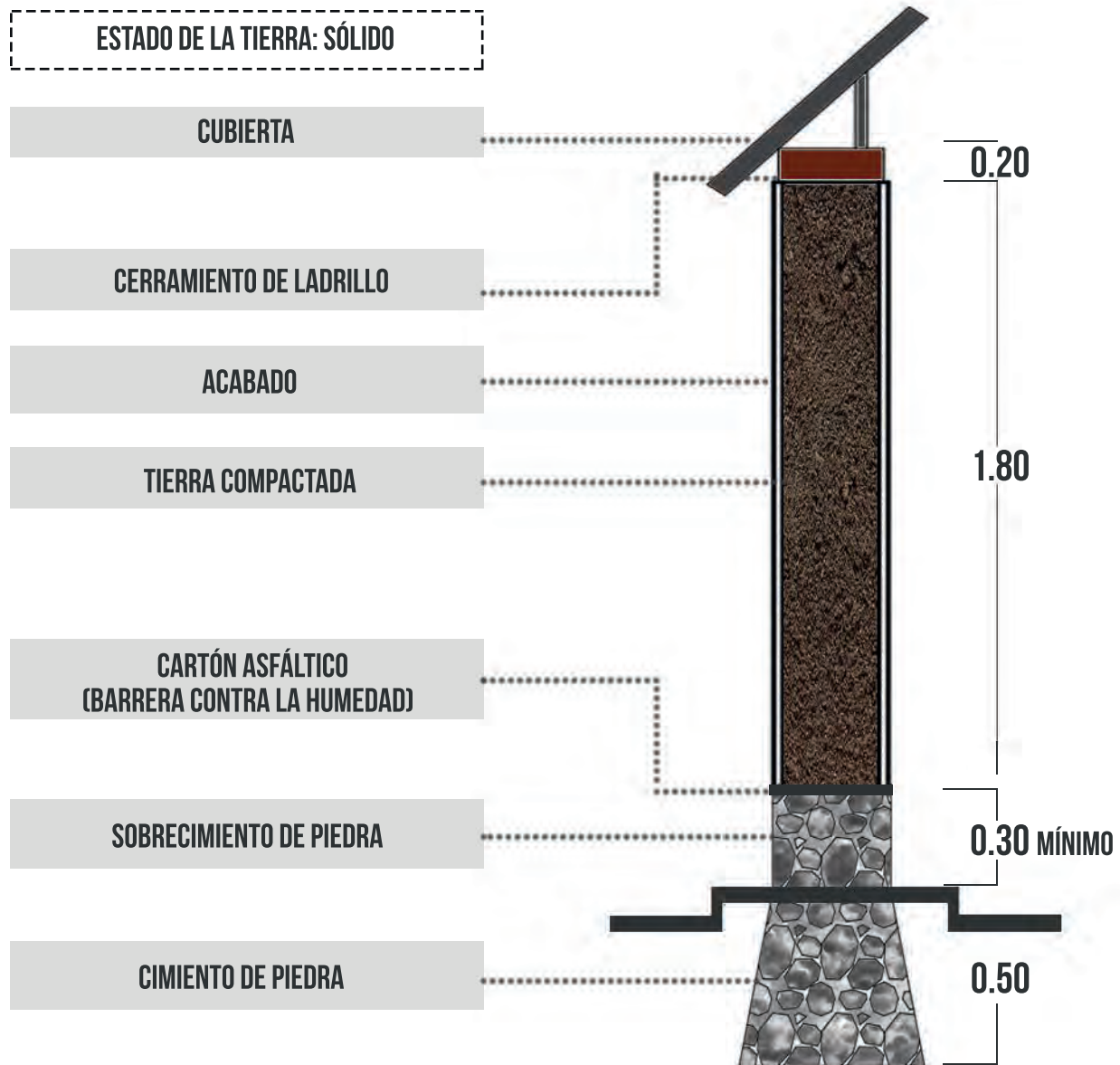


7 Cuando se llene la cimbra, retirar y volver a colocar para obtener la altura deseada del muro.

## PROPORCIONES



\* AGREGAR CAL A LA COMPOSICIÓN



#### VENTAJAS

- \*Los muros contienen formas más rectas y finas.
- \*La obtención del material es respetuoso con el ambiente.
- \*Cualquier tipo de tierra es la adecuada si se mezcla con otro material para estabilizarla.

#### DESVENTAJAS

Vulnerabilidad ante el agua.

#### COMENTARIOS

Es necesario que la tierra sea medianamente arcillosa (30-40% de tierra arcillosa), y el resto de tierra arenosa. Para estabilizar la contracción lineal, firmeza y dureza se puede agregar un 10% de cal.

El ancho del muro dependerá de la altura del mismo, siguiendo esta fórmula:  $a < h/8$





P

## AJAREQUE

El bahareque o pajareque está compuesto por tiras de bambú, carrizos o ramas de árboles entrelazadas o entreveradas y revocadas con la mezcla de barro, zacate y arena.

Existen diversos tipos de pajareque:  
Convencional: es una versión más actual de bahareque tradicional y la más usada. Cuenta con una trama de varas de cañas de bambú u otra fibra fijadas con alambres y clavos a una estructura de madera aserrada que permita un mejor ensamblado.

Paneles prefabricados (fajina): es un bastidor de madera aserrada, entretejido con varas de cañas trenzadas, de manera que permita su autofijación; estos paneles después de ser montados, constituyen muros que serán revocados con mortero de tierra y paja.

# PAJAREQUE

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
MAS ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> PARA HACER MUROS DIVISORIOS	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	CARRETILLA	PAJA
MENOS ARENA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. CARGA	<input type="checkbox"/> TERMOMASA	BOTE	TIERRA ARCILLOSA
MUCHA PAJA		<input type="checkbox"/> MEDIO	TINA	TIERRA ARENOSA
			MACHETE	AGUA



1 Preparación de la estructura (hecha con varas o morillos) que recibirá el pajareque.



2 Elaboración de la barbotina (tierra arcillosa con agua), de consistencia líquida).



3 En una tina, se vierte un bote de 19 litros de barbotina, agregando paja hasta cubrir, manteniendo una consistencia manejable; se mezcla con las manos.



4 Formar pequeños rollos de paja empapados de barbotina y colocarlos sobre la estructura de varas o alambre.



5 Cuando se integra un nuevo rollo, se debe apretar con las manos para formar el muro.



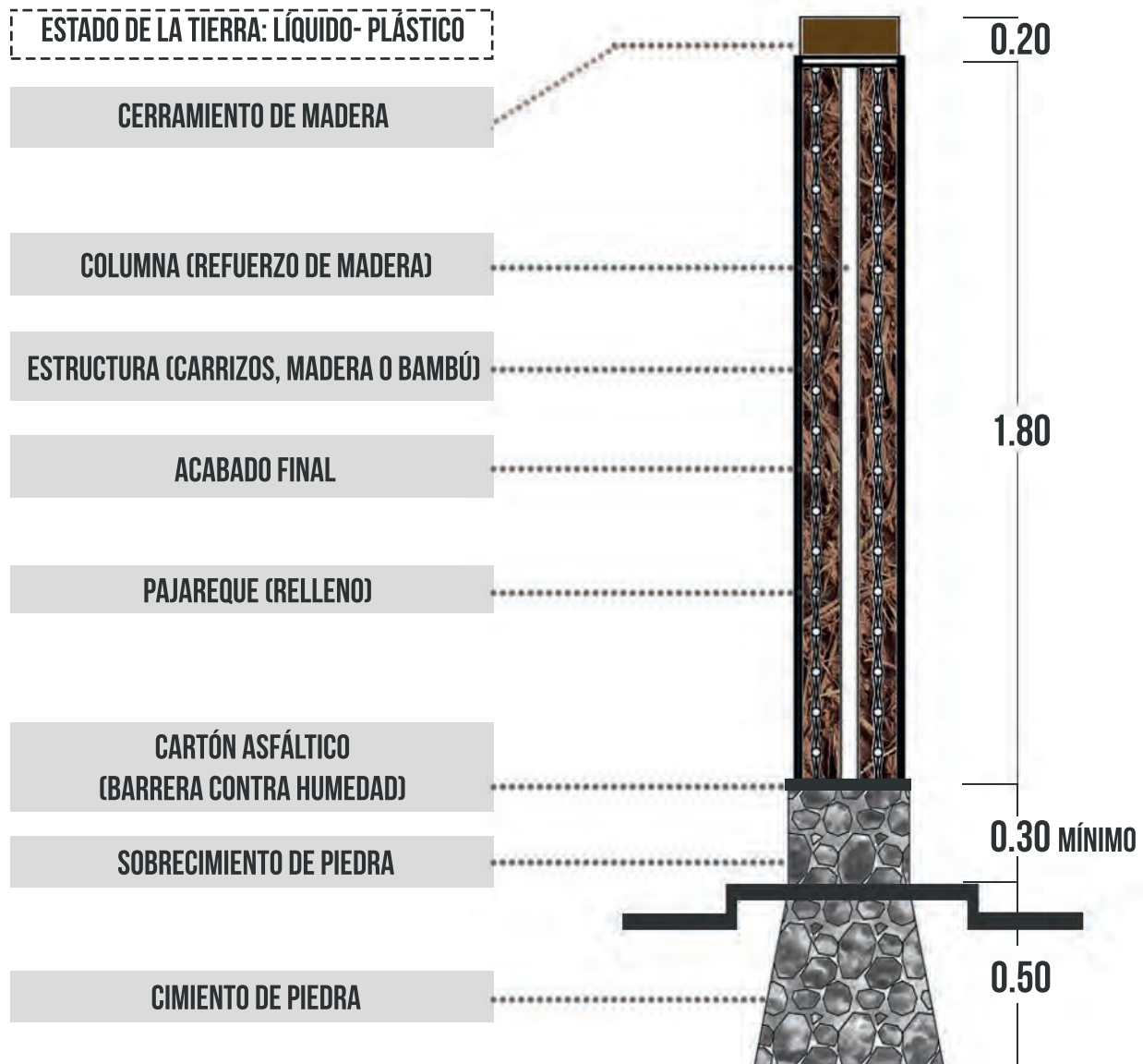
6 Ya terminado el muro, se deja secar aproximadamente 15 días (varía dependiendo del clima)



7 Una vez finalizado el muro, se perfila con un machete para eliminar excedente de paja o abultamientos, dejando una superficie lisa.

## PROPORCIONES





#### VENTAJAS

- \*Sistema de relleno económico ya que los materiales usados son de fácil acceso.
- \*Técnica recomendable para climas cálidos.
- \*La estructura que lo soporta es considerada como antisísmica.

#### DESVENTAJAS

Esta técnica se utiliza únicamente para muro divisorio ya que no funciona como muro de carga.

#### COMENTARIOS

El pajareque consta de manojos de paja sumergidos en barbotina y entrelazados en una estructura con postes verticales.

Implica una mayor cantidad de fibras naturales que de tierra.





## AJA ARCILLA

Esta técnica constructiva está compuesta por una estructura de madera colocada en los extremos del muro, para que funcione como el soporte de la mezcla de tierra con paja, anteriormente encofrada con una cimbra y comprimida con un pisón de madera .

Se utiliza para muros interiores o divisorios, exteriores y entrepisos, ya que tiene la propiedad de ser aislante y material de relleno.

Resistencia: 10.55 kg/cm<sup>2</sup>

Valores obtenidos en el ensayo de compresión con cilindros de paja arcilla. (Ver en anexos).

# PAJA ARCILLA

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
MAS ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. CARGA	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	CARRETILLA	PAJA
MENOS ARENA			BOTE	TIERRA ARCILLOSA
MUCHA PAJA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. RELLENO MUROS DIVISORIOS	<input type="checkbox"/> TERMOMASA MEDIO	CIMBRA	TIERRA ARENOSA
			PISÓN DE MADERA	AGUA



1 Colocación de cimbra, su altura debe ser de 60 centímetros.



2 Verter la mezcla (barbotina con paja) dentro de la cimbra.



3 Crear capas de 20 centímetros, apisonando cada capa, hasta llegar a los 60 centímetros.



4 Colocar al final de cada cimbra de 60 centímetros, un refuerzo horizontal (torzales de alambre recocido o varas flexibles) atado a los postes principales o secundarios.



5 Remover y traslapar la cimbra para la continuación del muro.



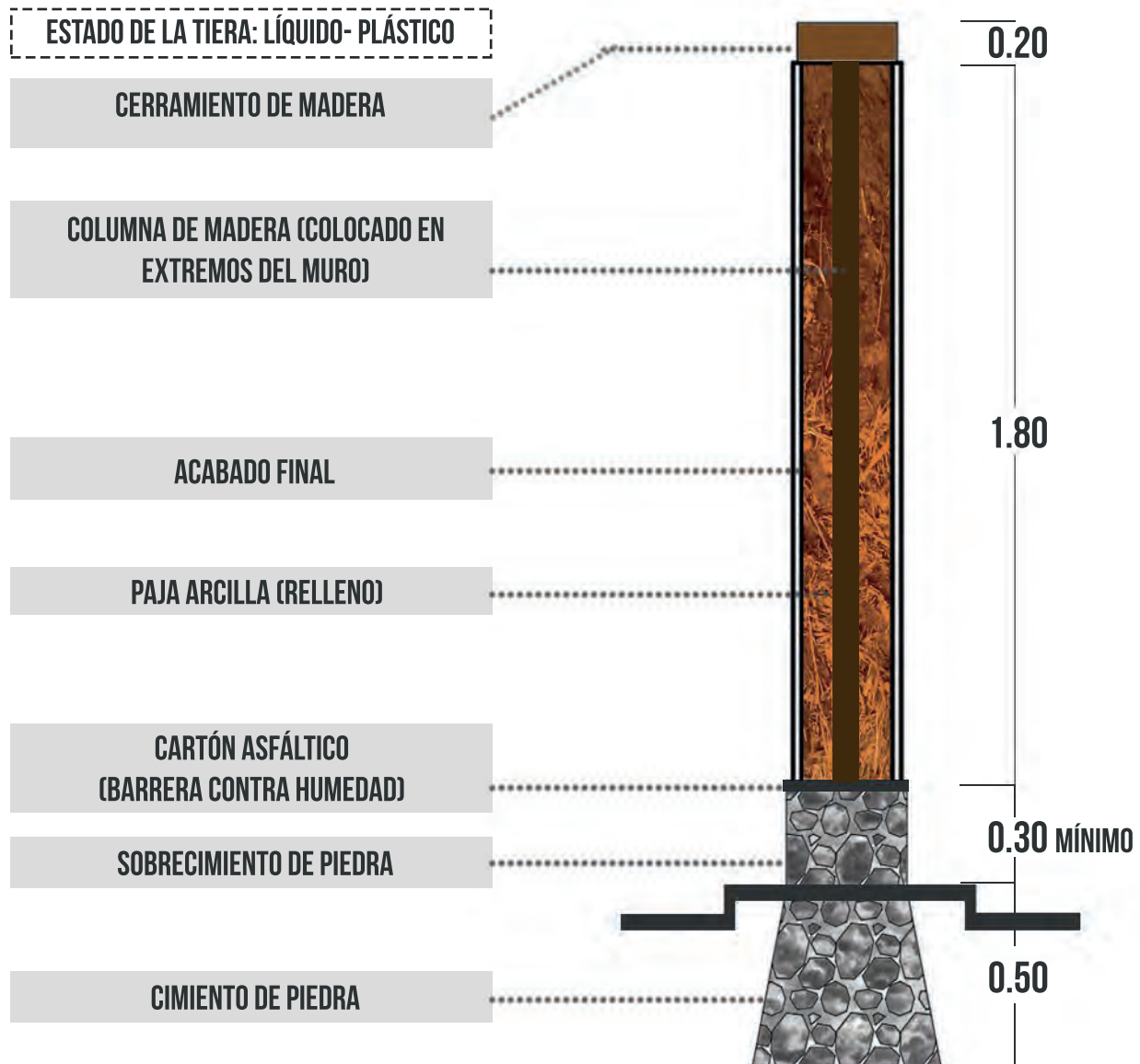
6 Repetir el paso cuatro hasta obtener la altura deseada del muro.



7 Una vez terminado el muro, se dejará secar en un cierto tiempo (dependiendo del clima) y se recortará con un machete los excedentes de la superficie del muro.

## PROPORCIONES





#### VENTAJAS

- \*Sistema estructural económico ya que los materiales usados son de fácil acceso.
- \*Técnica recomendable para climas cálidos.
- \*La estructura de madera considerada como antisísmica.

#### DESVENTAJAS

Esta técnica se utiliza únicamente para muro divisorio ya que no funciona como muro de carga.

#### COMENTARIOS

Es recomendable evitar que en el periodo de lluvias, los muros recién construidos o en construcción se mojen, por lo que se debe cubrir con material impermeable. Por ello, es mejor edificarlos en los meses de estación seca.





## PACAS DE PAJA

Las construcciones de paja fueron usadas en los años 80; la paja es un material con una baja energía involucrada en su producción, es económica y tiene la propiedad de ser un material acústico y aislante térmico. Su técnica constructiva es muy rápida y puede usarse como muro de relleno o de carga. (CONAFOR, 2008, p.16)

El procedimiento consiste en formar las pacas de paja como si fueran ladrillos ; se requiere hacer una cadena de repartición de cargas que permita la distribución uniforme del peso entre el techo y los cimientos para contrarrestar los efectos de vientos y sismos.

# PACAS DE PAJA \*

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
SIN ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. CARGA	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	 FLEJADORA	 PACA DE PAJA
SIN ARENA			 PINZAS	 MADERA
MUCHA PAJA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. RELLENO	<input checked="" type="checkbox"/> TERMOMASA	 GANCHO	 ESTACAS DE MADERA
				 ALAMBRE
				 FLEJES



1 Tener una cimentación de la construcción (piedra brasa o sacos con grava). Colocar un impermeabilizante (cartón asfáltico) para evitar humedades en el muro. Dejar en la cimentación estacas de madera sobre el eje de la corona del cimiento, para fijar las pacas y evitar deslizamientos, además de un paso en el sobrecimiento para flejes.



2 Colocar la primera hilada de pacas incrustadas sobre las estacas, dejando los espacios que son para los vanos de las ventanas y puertas. Se cortará con serrote algunos ajustes a las pacas dependiendo del diseño y el largo de los muros.



3 Colocar cimbra temporal en vanos de puertas y ventanas, misma que quedará hasta finalizar la construcción.



4 A partir e la segunda y posteriores hiladas, las pacas se colocan cuatrapeadas y con estacas a cada 1m.



5 Poner los flejes, pasando por la manguera antes mencionada y rodeando las pacas.



6 Colocación del cerramiento de madera, amarrando el muro con éste por medio del fleje.



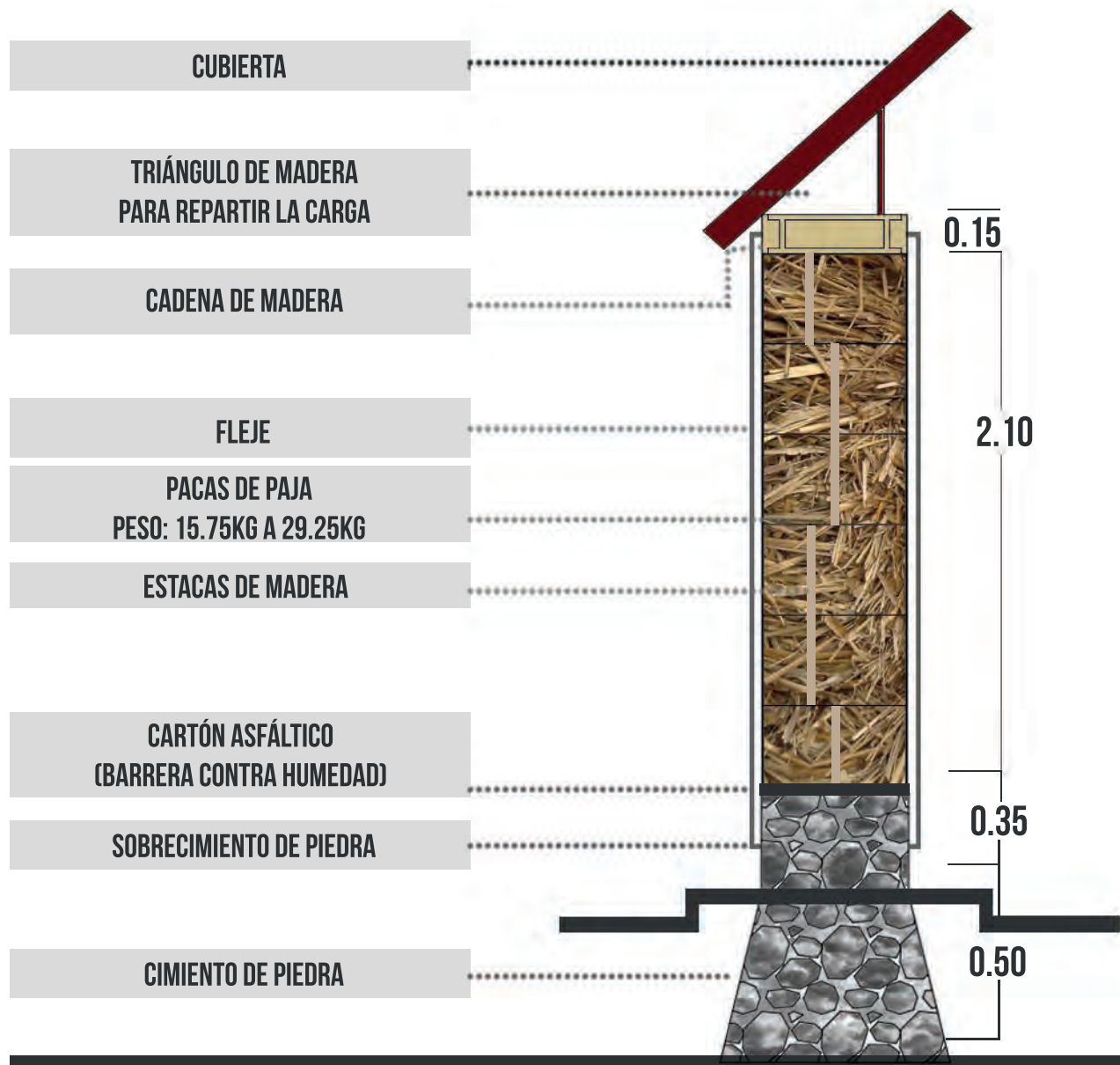
7 Fijar los flejes, amarrándolos con un alambre y sujetándolos con las pacas, posteriormente se deben de esconder los amarres y el fleje, raspando la paca y colocarlos por dentro del orificio hecho.

## PROPORCIONES



## TIPOS

DE PACAS DE PAJA QUE SE PUEDEN USAR :  
TRIGO/ CEBADA/ ARROZ



#### VENTAJAS

\*Utiliza desechos agrícolas como material de construcción.

\*Sistema constructivo fácil de aprender y ejecutar.

\*La estructura actúa como muro de carga.

#### DESVENTAJAS

Se debe de seleccionar las pacas cuidadosamente ya que no deberán de estar húmedas y poco compactas para que sean útiles.

#### COMENTARIOS

Las pacas que pueden ser útiles para este tipo de construcción son producto de trigo, cebada y arroz.

“Los muros, por sus grosores y el tipo de material, resultan un excelente material térmico y acústico, apropiado para lugares con climas severos.”

(Castro, M., 2009, p.26)





## ACATLANILOLI

Es una de las técnicas de origen prehispánico con la cuál se elaboraban graneros denominados cuexcomates. Consiste en utilizar fibras largas de paja o un pasto fibroso de 80cm de largo, estas se colocan ordenadamente en una lona de un metro por un metro que posteriormente se bañan con un "atole" de arcilla y envolver la paja con la lona hasta lograr un rollo denominado "muñeco" que se coloca sobre el cimiento de tal manera que los extremos del rollo se entrelacen con el rollo siguiente . Si los muros son anchos, puede actuar como muro de carga.

## ZACATLANILOLI \*

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
MAS ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. CARGA	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	CARRETILLA	PAJA
MENOS ARENA			BOTE	TIERRA ARCILLOSA
MUCHA PAJA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. RELLENO	<input checked="" type="checkbox"/> TERMOMASA	JÍCARA	TIERRA ARENOSA
			LONA	AGUA



1 Colocar las fibras de paja o pasto fibroso de aproximadamente 80 centímetros de largo sobre la lona



2 Verter la mezcla de una especie de "atole" (barbotina) sobre las fibras; posteriormente con la lona envolverlo para crear una especie de rollo, esto se denomina "muñeco".



3 Torcer con las manos las fibras de paja hasta realizar un cordón (rollo), que servirá de refuerzo cada 60 centímetros.



4 Colocar las bases de madera en cada extremo como estructura del muro, de ser necesario.



5 Acomodar los rollos sobre una cimentación uno por uno entrelazándolos entre sí.

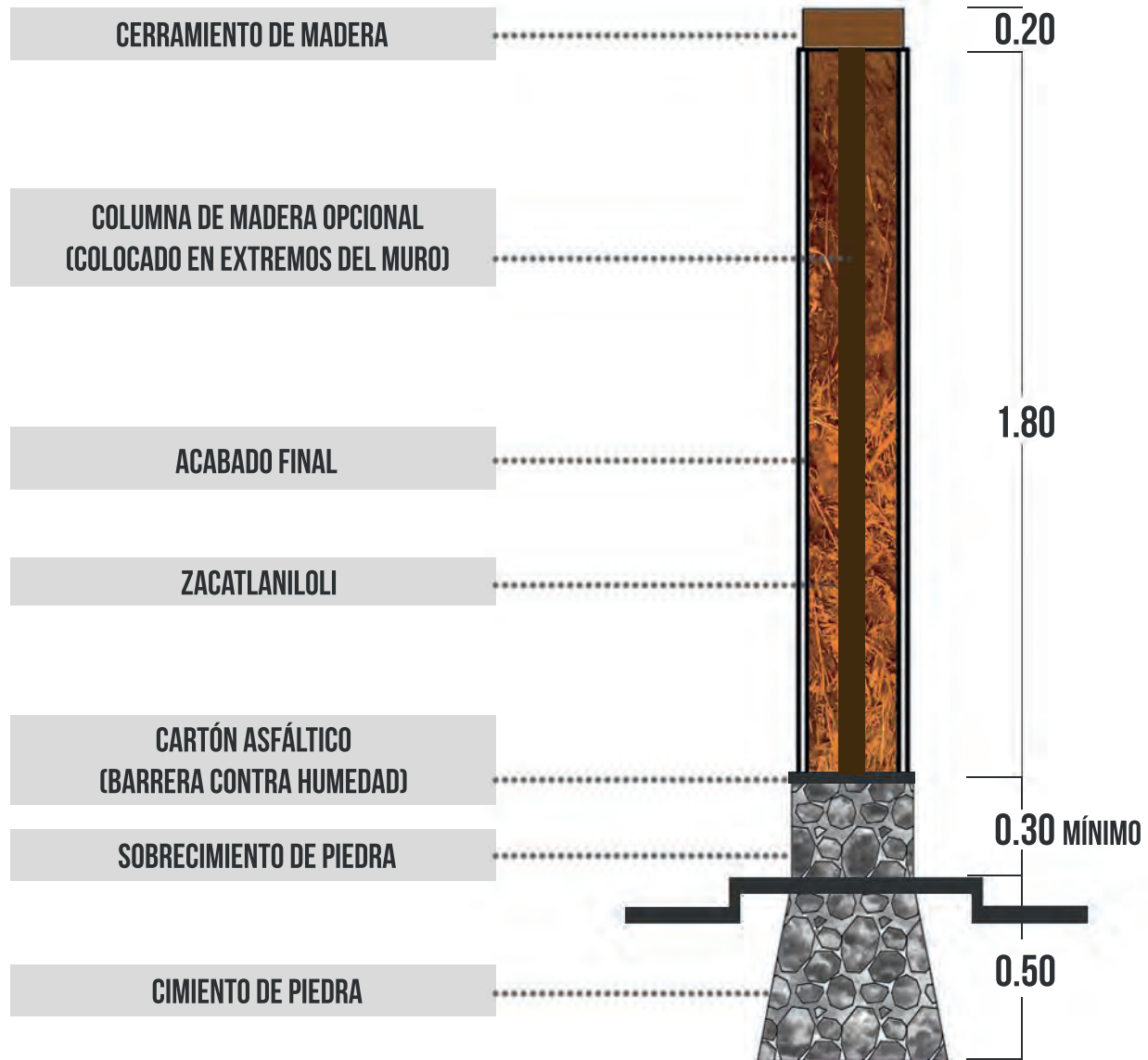


6 El ancho de muro depende de su función (carga o divisorio).

### PROPORCIONES



\* CANTIDAD ESTIMADA



#### VENTAJAS

- \*Sistema estructural económico ya que los materiales usados son de fácil acceso.
- \*Técnica recomendable para climas cálidos.
- \*Una vivienda con zacatlaniloli tiene la propiedad de ser térmica.

#### DESVENTAJAS

No en todas las temporadas del año se puede construir con esta técnica, ya que el material usado y la temperatura influye en la calidad y cantidad de tiempo.

#### COMENTARIOS

Durante la colocación de cada rollo, se debe de agregar más barbotina para una mejor adherencia.





# SACOS DE TIERRA

Sistema constructivo donde su principal característica es el uso de sacos largos rellenos de tierra con hilos de alambre de púas colocados entre ellos.

Tiene la propiedad de ser flexible, estructuralmente estable y sólido debido al uso de formas circulares y arcos.

# SACOS DE TIERRA

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	COMP TÉRMICA	HERRAMIENTAS	MATERIALES
MENOS ARCILLA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. CARGA	<input checked="" type="checkbox"/> AISLANTE	 CARRETILLA	 COSTAL
MAS ARENA	<input checked="" type="checkbox"/> CAP. RELLENO	<input type="checkbox"/> TERMOMASA	 BOTE	 ALAMBRE DE PÚAS
SIN PAJA		<input type="checkbox"/> MEDIO	 PISÓN METÁLICO	 TIERRA ARCILLOSA
				 TIERRA ARENOSA
				 AGUA



1 Preparar la mezcla del relleno, utilizando tierra arcillosa, arenosa y un poco de agua, hasta llegar a una consistencia un poco húmeda y fácil de compactar con las manos.



2 Llenar la tira de costal con la mezcla antes preparada.



3 Colocar la tira de costal sobre un cimieno, moldeando dependiendo del diseño del muro (regularmente son formas circulares).



4 Agregar en cada hilada el alambre de púas para lograr una mayor estabilidad.



5 Apisonar cada hilada para compactar mejor la mezcla.

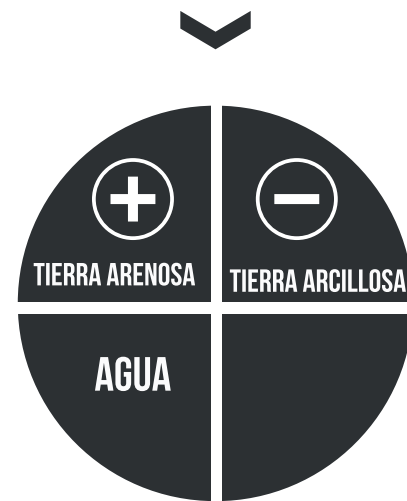


6 Insertar módulos que se asemejen a la forma de las puertas y ventanas para respetar el espacio y colocar la hilada alrededor de los mismos.

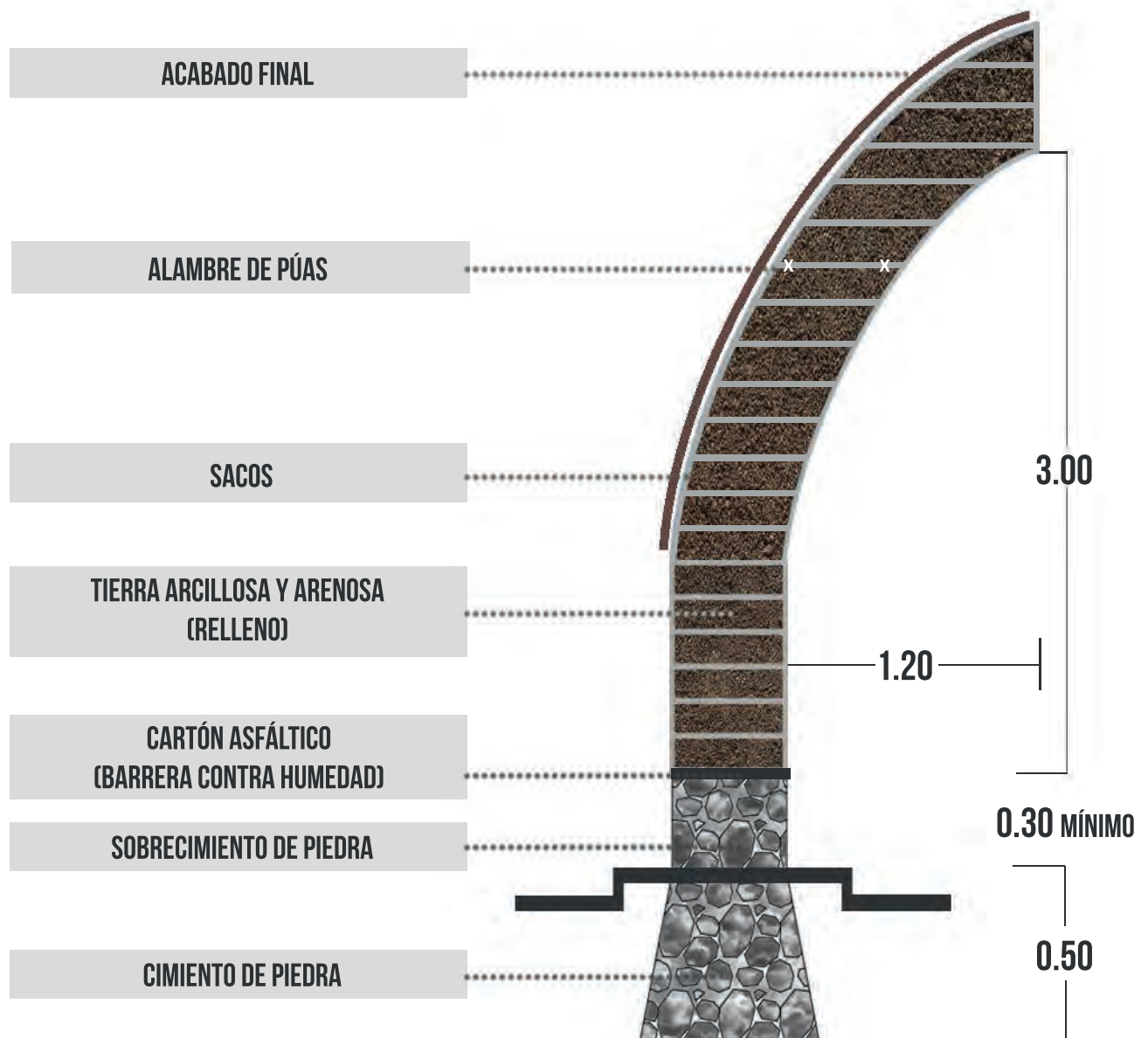


7 Repellar la construcción con una mezcla de paja arcilla.

## PROPORCIONES



\* CANTIDAD ESTIMADA



#### VENTAJAS

- \*Sistema estructural para muro de carga.
- \*Materiales fáciles de conseguir y manejar.
- \*El tiempo de construcción es mínimo.
- \*Flexibilidad para diseñar formas curvas.

#### DESVENTAJAS

- \*Es complejo construir formas rectas con este sistema constructivo.

#### COMENTARIOS

Este proceso constructivo es considerado como uno de los más estables y resistentes por su comportamiento antisísmico, donde no es necesario agregar una estructura para su soporte.





B

# AMBÚ

El bambú es un pasto gigante leñosa, perteneciente a la familia Gramineae, sus tallos generalmente son duros y vigorosos, con la propiedad de ser una planta que sobrevive después de severas catástrofes.

Su crecimiento silvestre se da en las regiones tropicales, subtropicales, templadas y en algunas ocasiones en hábitats secos; comúnmente en África, Asia y Latinoamérica.

El género guadua (donde su altura es de aproximadamente de 17 a 24 m, con un diámetro de 8 a 14cm) reúne los bambúes económicamente más relevantes de América, por su uso. Es considerado el más importante por las cualidades que presenta su tallo de gran porte y diámetro, durabilidad, resistencia físico mecánica, flexibilidad y como material sísmico, apropiado para el uso en la construcción. (SENSICO, 2014, p. 15)

# BAMBÚ

COMPOSICIÓN	CAP. ESTRUCTURAL	HERRAMIENTAS	MATERIALES
SIN ARCILLA	✓ CAP. CARGA	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	CARRETILLA
SIN ARENA	✓	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	SIERRA ELÉCTRICA
BAMBÚ	✗ CAP. RELLENO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEDIO	ALICATE DE CORTE
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEDIO	TALADRO PULIDORA
		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN MEDIO	FORMONES
			COSTAL
			ALAMBRE DE PUAS
			TIERRA ARCILLOSA
			TIERRA ARENOSA
			AGUA



1 Construcción de cimiento y Sobrecimiento, colocando elementos metálicos de refuerzo sobre la base para la unión posterior con las columnas y/o elementos estructurales del bambú.



2 Habilitar las piezas de bambú para la estructura, teniendo en cuenta las características, calidad, diámetro y tipo de corte; además de habilitar los elementos metálicos para las uniones.



3 Ensamblar los elementos de bambú, verificando que las uniones se acoplen a la perfección.



4 Montar el bambú, colocando los elementos portantes en los anclajes previamente puestos en el sobrecimiento y fijar las uniones y conjunto estructural con mortero calhidra- arena proporción 1:4.



5 Cortar y fijar esterilla de a cuerdo a la forma y dimensión del muro que se quiere cubrir; posteriormente, colocar malla de alambre trenzado de abertura hexagonal sobre la esterilla.

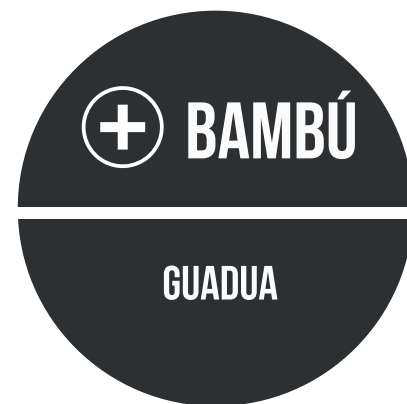


6 Conectar las columnas a la viga de amarre del entrepiso o cubierta por medio de un elemento en madera, posteriormente se coloca el recubrimiento del entrepiso con materiales livianos.

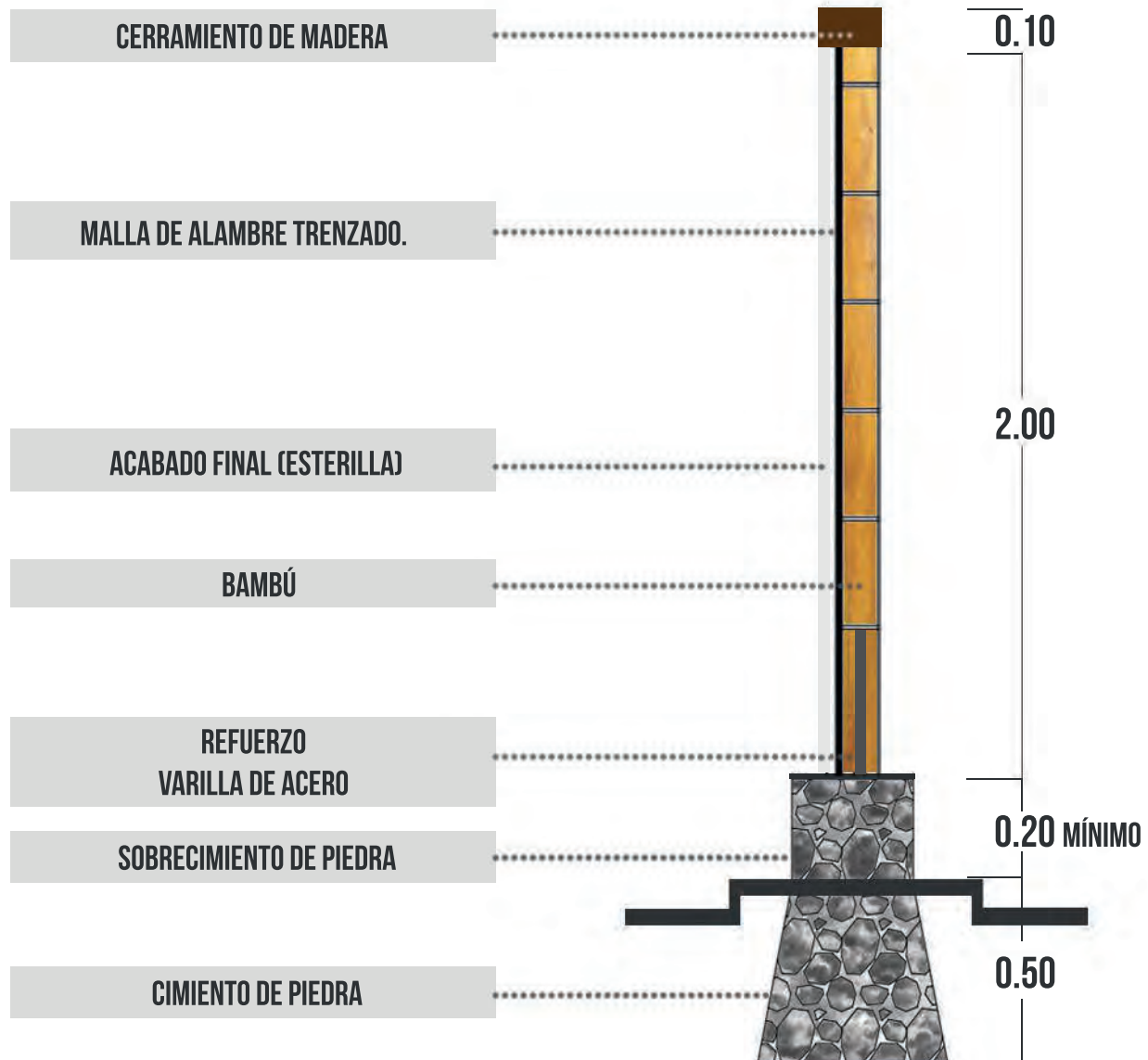


7 Colocación de la cubierta que deberá ser liviana para garantizar una impermeabilidad suficiente.

## PROPORCIONES



\* CANTIDAD ESTIMADA



#### VENTAJAS

- \*El bambú contiene características físicas que permiten su empleo en todo tipo de componentes estructurales como tensores y estructuras rígidas.
- \*Es un material liviano, fácil de transportar y almacenar, por lo que se pueden construir estructuras rápidas, temporales o permanentes.
- \*Los bambúes no contienen partes que puedan considerarse desperdicio.
- \*Es un recurso renovable endémico de América Latina.

#### DESVENTAJAS

- \*El bambú es sensible ante el ataque de insectos y hongos.
- \*Su comportamiento estructural puede variar mucho dependiendo de la especie.

#### COMENTARIOS

El cimiento se debe hacer de acuerdo a las características del suelo y los patrones estructurales; el Sobrecimiento deberá de tener una altura mínima de 0.20 m sobre el nivel del terreno natural ya que recibirá todos los elementos estructurales verticales de bambú. (SENSICO, 2014)

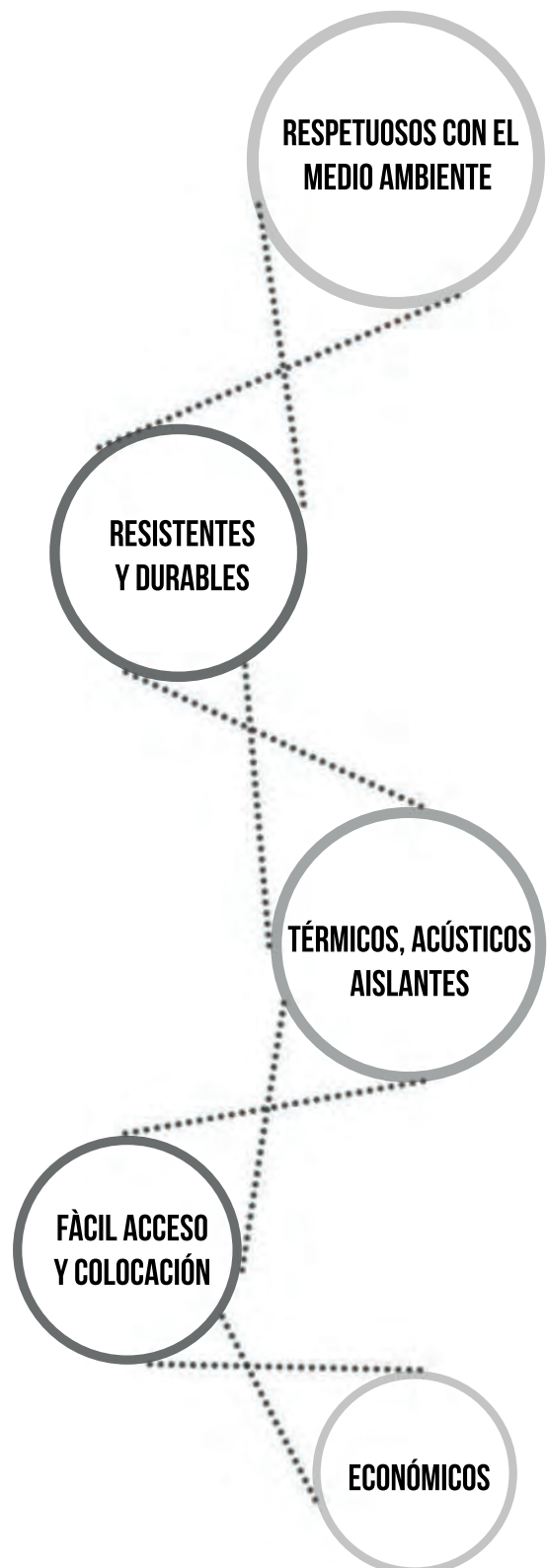


## CONCLUSIÓN

El empleo de los sistemas constructivos mencionados en este capítulo, nos ayuda a diseñar de una forma responsable y consciente con el entorno natural debido al uso de materiales que no necesitan de un proceso complejo ni de elementos químicos para su fabricación, provocando la poca generación de contaminantes emitidos al medio ambiente, ahorro energético durante el proceso constructivo y aumento en la calidad de vida de los usuarios en habitar una edificación que no contiene sustancias tóxicas en los elementos que la componen. Es importante mencionar que para una correcta aplicación, se debe investigar qué tipo de materiales naturales se encuentran en el sitio (se recomienda tomar en cuenta un perímetro de 3km como límite para la selección de los materiales) y la mano de obra local. Posteriormente, la identificación del tipo de suelo nos ayuda a determinar el tipo de técnica que se debe aplicar para el proyecto, mismo que debe complementarse con el uso de energías alternas o ecotecnologías.

A diferencia de los materiales industrializados, los datos de la resistencia y dosificación de la tierra no son iguales debido a que existe diversos tipos con propiedades variables, por lo tanto, los métodos de control y pruebas de laboratorio nos ayudan a conocer las características físicas y químicas de un suelo, lo que nos permite saber el comportamiento constructivo y con ello, las proporciones adecuadas para la elaboración de una mezcla bioconstructiva, garantizando la durabilidad de la construcción.

## ARQUITECTURA DE TIERRA CONTIENE MATERIALES QUE SON:







# PRUEBAS DE LABORATORIO





## 5.0 PRUEBAS DE LABORATORIO

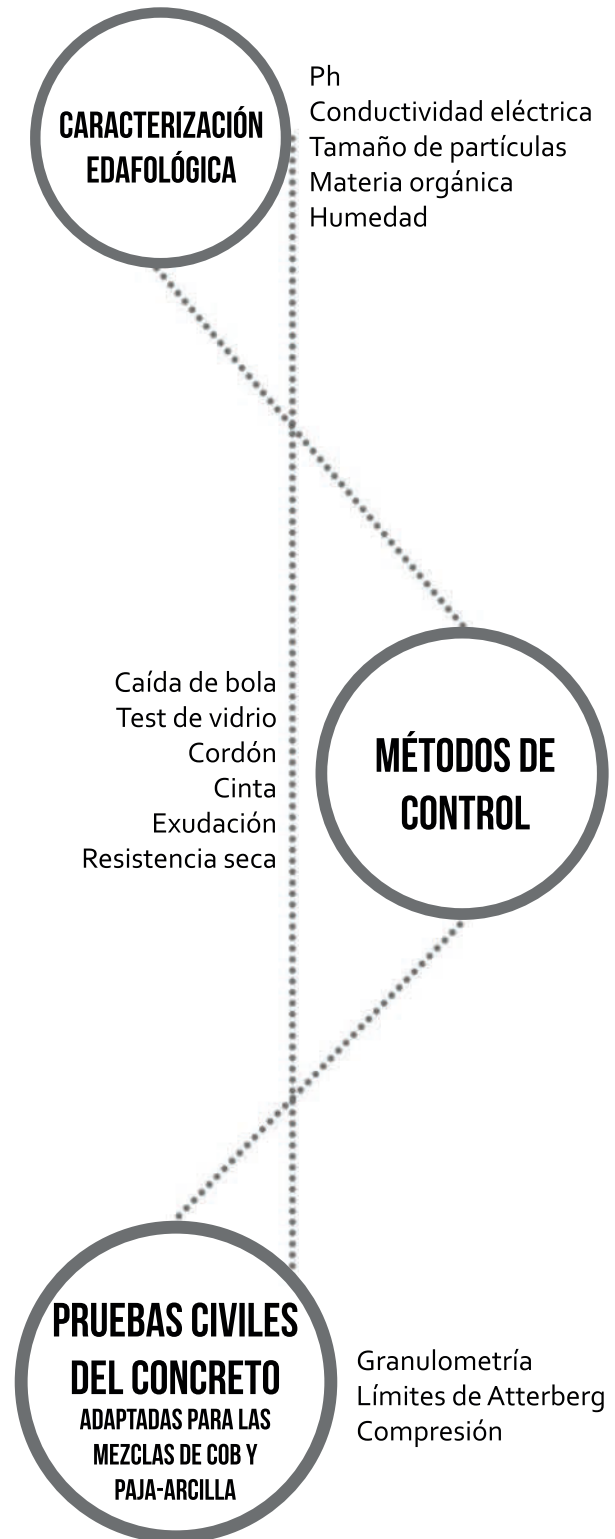
El uso de técnicas bioconstructivas implica conocer las propiedades físicas y químicas que posee la tierra, desde su textura hasta la forma en cómo reacciona con otro material. La aplicación de metodologías de selección de suelos son indispensables para saber qué tipo de sistema constructivo es idóneo de aplicar y cuáles agentes estabilizadores se pueden agregar (en caso de ser necesario); mejorando el control de la construcción con tierra.

El siguiente apartado, se presenta la caracterización edafológica de una muestra de suelo extraída del Centro de Innovación Tecnológica en Agricultura Protegida (CITAP) UPAEP, ubicado en la Ex Hacienda San Agustín, Atlixco, Puebla; con el fin de comprobar la facilidad de construir algún proyecto bioconstructivo en la región.

Posteriormente, se harán los métodos de control correspondientes y pruebas civiles del concreto adaptadas para las mezclas de cob y paja arcilla, registrando la resistencia de compresión, los límites de Atterberg y contracción del material.

Los datos presentados en este capítulo son parte de la tesis "Propuesta metodológica para evaluar las mezclas bioconstructivas de cob y paja-arcilla con suelo extraído de CITAP, Atlixco", trabajo colaborativo con Carlos Arturo Crespo Smith de Ingeniería Ambiental.

## 5.1 METODOLOGÍA





5.2 CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA

**PH**  
**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

**CONCEPTO**

La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H+) que se da en la interfase líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo.

La medición de la conductividad eléctrica es una forma indirecta de determinar la salinidad del agua o extractos de suelo.

(Fernández L., 2006, p.19, 22)

**PROCEDIMIENTO**

1. Se pesaron 10 g de suelo y se colocaron sobre un frasco de vidrio.
2. Se agregó 20 mL de agua destilada.
3. Se agitó la mezcla para homogeneizar la solución.
4. Se calibró el potenciómetro (HANNA991300) con solución buffer.
5. Se registró la medida de pH proporcionada por el equipo.
6. Posterior a dicha lectura se agregaron 30 mL de agua destilada y se dejó reposar un día entero para registrar la conductividad eléctrica.
7. Al tomar la lectura de conductividad eléctrica se procedió a medir con dos instrumentos, con el HANNA991300 y con Conductronic CL9; previamente calibrados.

**RESULTADOS**

EQUIPO	PH	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (DS M <sup>-1</sup> )
HANNA 991300	5.95	0.054
CONDUCTRONIC CL9	X	0.055



Permite que los elementos nutritivos se encuentren fácilmente disponibles para las plantas.



Suelo libre de sales, no existe restricción para cultivar.

# TAMAÑO DE PARTÍCULAS

## CONCEPTO

La determinación de la distribución del tamaño de partículas sólidas en diferentes intervalos es llamada análisis mecánico o análisis granulométrico. Se basa en un análisis mecánico, "el método del hidrómetro de Bouyoucos", para separar los diversos componentes que presente el suelo teniendo como referencia la velocidad de asentamiento de las partículas en el agua. En esta determinación se combinan dos principios: la dispersión y la sedimentación.

(Departamento de Ciencias Biológicas., 2013, p.44)

## PROCEDIMIENTO

1. Pesar 50 g de suelo.
2. Añadir agua destilada y 5 mL de hexametáfosfato 1N.
3. Mezclar durante 5 min en el agitador y vaciar el líquido mezclado en una probeta de doble aforo; posteriormente se lavar el vaso con agua destilada para recuperar todos los sedimentos de la mezcla.
4. Aforar con agua destilada a 1 L en la probeta de doble aforo.
5. Tapar la boca del recipiente y se agitó vigorosamente, después contabilizar 40 seg y se colocó el hidrómetro, la lectura se registró hasta que estuviera estable.
6. Registrar la temperatura. Si es mayor a 19.5 °C, por cada grado se aumentará 0.36 g a la lectura del hidrómetro y por cada grado debajo de 19.5 °C se reducirá 0.36 g a la lectura del hidrómetro.
7. Dejar sedimentar la mezcla por 2 h, posteriormente registrar dos lecturas conforme al procedimiento antes mencionado, corrigiendo la segunda lectura del hidrómetro a partir de la temperatura obtenida.
8. Realizar los cálculos sustituyendo los valores en las siguientes ecuaciones:

$$\% \text{ Arena} = \frac{\text{1ra lectura corregida}}{\text{Peso muestra}}$$

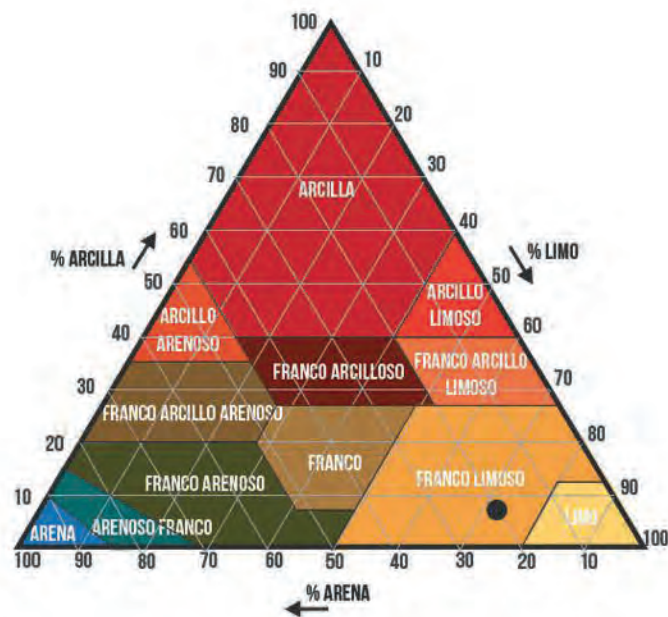
$$\% \text{ Limo} = 100\% - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla})$$

$$\% \text{ Arcilla} = \frac{\text{2da lectura corregida}}{\text{Peso muestra}}$$

## RESULTADOS

MUESTRA	LECTURA HIDRÓMETRO (G)	TEMPERATURA (°C)	LECTURA HIDRÓMETRO CORREGIDA (G)
1	11	20	11.18
2	3	21	3.54





Obtenemos que el suelo extraído de Atlixco pertenece a la clasificación de *Franco limoso*.

Los suelos franco limosos poseen una fertilidad física deficiente, velocidad de infiltración baja, permeabilidad de media a baja, inestabilidad estructural alta, compacidad media, erosionabilidad por el viento bajo, almacenamiento de nutrientes medio y capacidad de retención de agua disponible de medio a alto, por lo que se observa un buen comportamiento para bioconstrucción al no tener un alto riesgo a ser erosionable por el suelo, a pesar de tener una inestabilidad estructural.

(López, M.- Poch, R.- Porta, J., 2014).

## CONCEPTO

## MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica del suelo es la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición; tejidos y células de organismos que viven en el suelo; y sustancias producidas y vertidas por esos organismos. Esta definición es muy amplia pues incluye tanto a los materiales poco alterados como a aquellos que sí han experimentado cambios de descomposición, transformación y resíntesis dentro del suelo.

(Fernández L., 2006, p.27)

## PROCEDIMIENTO

1. Colocar 10 ml de dicromato de potasio 1 N en un matraz Erlenmeyer.
2. Agregar 20 mL de ácido sulfúrico concentrado.
3. Reposar la solución durante media hora.
4. Añadir 10 mL de ácido ortofosfórico concentrado y agua destilada hasta 300 mL.
5. Agregar 5 gotas de sulfato ferroso amoniacal para proceder con la titulación utilizando sulfato ferroso, esto con el fin de conocer la normalidad del sulfato ferroso.
6. Para la muestra de suelo, agregar 0.5 g de suelo y se procedió a su titulación con sulfato ferroso.
7. En ambos, se hizo por duplicado y se registraron los ml de sulfato ferroso gastados hasta que la solución presentara una coloración café.
8. Se sustituyeron los valores registrados en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de materia orgánica} = 10 - (\text{ml gastados de } \text{FeSO}_4 \times \text{N } \text{FeSO}_4) \times \text{Factor}^*$$

\* El factor utilizado fue de 1.34 ya que la muestra utilizada fue de 0.5 g



## RESULTADOS

Resultados en ensayos blanco para conocer la normalidad de sulfato ferroso.

ENSAYO	FeSO <sub>4</sub> Gastado (ml)
1	20.50
2	20.00

**MEDIA**  
20.25 ML

**GASTADOS DE SULFATO FERROSO**  
(FeSO<sub>4</sub>)

Resultados obtenidos en ensayos de materia orgánica

**MEDIA**  
18.2 ML

MUESTRA	FeSO <sub>4</sub> Gastado (ml)	SUELO UTILIZADO (g)
1	18.1	0.5045
2	18.3	0.5040

$$\% \text{ DE MATERIA ORGÁNICA} = 10\text{ML} - (18.2\text{ML DE FESO}_4 \times 0.4938\text{N FESO}_4) \times 1.34 =$$

**1.35%**  
MATERIA  
ORGÁNICA

MULTIPLICADO POR EL FACTOR DE CORRECCIÓN RECOMENDADO  
POR LA NORMA OFICIAL MEXICANA, NOM-021-RECNAT-2000  
(1.298)

**1.75%**  
MATERIA  
ORGÁNICA

El porcentaje de materia orgánica que presenta la muestra de interés es medio, al ser un suelo no volcánico, tomando en cuenta que la muestra analizada fue extraída a 15-20 cm debajo de la superficie, lo cuál es un valor considerablemente alto.  
(SEMARNAT, 2002)

**CLASE**  
MEDIA  
1.6 - 3.5%

**EN SUELOS NO VOLCÁNICOS**

\*Se obtiene a partir de la división de la normalidad (1N) entre la media de gastos de sulfato ferroso (20.25 ml)

# HUMEDAD

## CONCEPTO

El agua es esencial para todos los seres vivos porque en forma molecular participa en varias reacciones metabólicas celulares, actúa como un solvente y portador de nutrimentos desde el suelo hasta las plantas y dentro de ellas. El contenido de agua en el suelo puede ser benéfico, pero en algunos casos también perjudicial. El exceso de agua en los suelos favorece la lixiviación de sales y de algunos otros compuestos; por lo tanto, el agua es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas en el suelo.

(Fernández L., 2006, p.21)

## PROCEDIMIENTO

1. Realizar el análisis por duplicado, llevando a peso constante los recipientes y obteniendo la media a partir de dichas mediciones.
2. Pesar 20 g de suelo en cada una de las cápsulas y rotularlas.
3. Colocar las cápsulas a 110 °C en la estufa durante dos días.
4. Posteriormente, situarlas en el desecador.
5. Registrar en balanza analítica los resultados obtenidos y sustituir los valores en la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad} = \frac{\text{suelo húmedo} - \text{suelo seco}}{\text{suelo húmedo}} \times 100$$

## RESULTADOS

MUESTRA	CÁPSULA 1	SUELO HÚMEDO (G)	CÁPSULA 2	SUELO SECO (G)	% DE HUMEDAD
1	43.8077667	20.0005	63.7368	19.9290333	0.3573
2	44.0122333	20.0026	63.9434	19.9311667	0.3571

$$\text{Humedad} = \frac{20.00155 - 19.9301}{20.00155} \times 100$$

**HUMEDAD**  
0.3572%

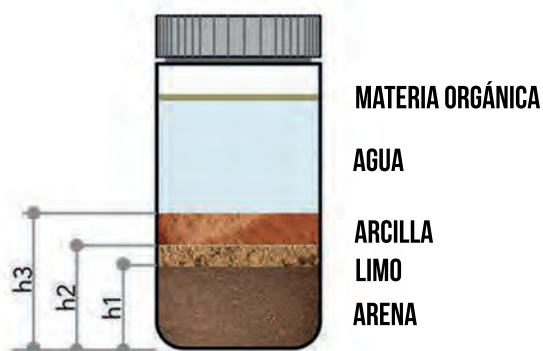
### 5.3 MÉTODOS DE CONTROL

#### CAÍDA DE BOLA

NO. BOLA	PESO HÚMEDO (G)	PRESENCIA DE GRIETAS
1	21.90	SI
2	21.00	SI
3	19.80	NO
4	22.00	SI



Comportamiento: se esparce menos y con mayor cohesión. Borges, et. al., 2009.



#### TEST DE VIDRIO

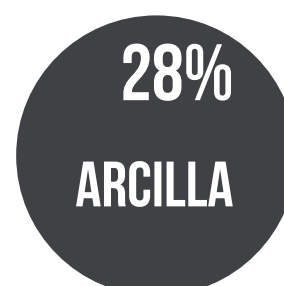
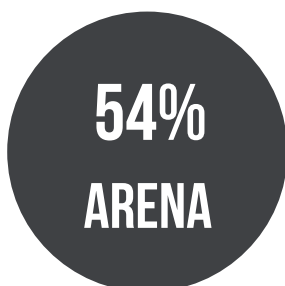
Los componentes de la tierra decantan en tiempos diferentes, formando distintas capas que se pueden observar a simple vista. La grava y la arena decantan primero por tener las partículas más pesadas, seguido del limo y la arcilla. Si el suelo contiene materia orgánica, se verá reflejado sobre la superficie del agua.

$$\% \text{ ARENA} = (H1/H3) \times 100$$

$$\% \text{ LIMO} = [(H2-H1)/H3] \times 100$$

$$\% \text{ ARCILLA} = [(H3-H2)/H3] \times 100$$

NO. FRASCO	MASA DE TIERRA (G)	AGUA (ML)	H1(CM)	H2(CM)	H3(CM)	PORCENTAJE DE COMPOSICIÓN		
						ARENA	LIMO	ARCILLA
1	252.0	500	3	4.20	6.20	48.39	19.35	32.25
2	252.1	500	3.5	4.50	5.50	63.64	18.18	18.18
3	256.1	500	3.5	4.50	6.50	53.85	15.38	30.77
4	253.2	500	3.3	4.50	6.50	50.77	18.46	30.77





## EXUDACIÓN

El test de exudación evalúa la plasticidad de la tierra en función de su capacidad de retener agua.

### RESULTADOS

ENSAYO	GOLPES REQUERIDOS	OBSERVACIONES
1	10	El agua brota en la parte superior de la porción tomada, presentó una ligera deformación.
2	10	
3	10	El agua aflora a la superficie de la muestra, se deforma en menor medida que las dos primeras pruebas. Presenta un comportamiento plástico.
4	10	



## RESISTENCIA SECA

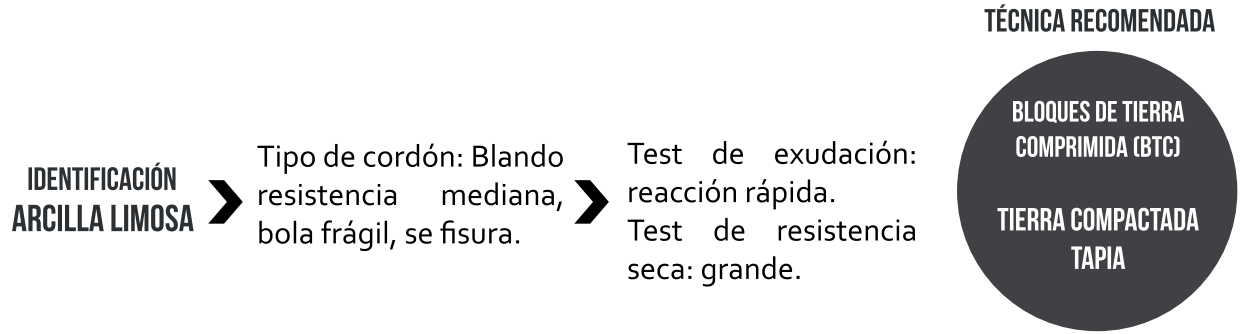
A través del test se identifica el tipo de la tierra en función de su resistencia. Como control se registraron los pesos húmedos y secos de cada una de las pastillas.

### RESULTADOS

MUESTRA	PESO HÚMEDO (G)	PESO SECO (G)	RESULTADO
1	27.30	22.06	Fácil disgregación, no se reduce a polvo, es poco resistente.
2	28.30	23.10	
3	32.30	26.03	
4	25.16	20.05	
5	28.80	26.70	Fácil disgregación, no se reduce a polvo, es poco resistente, existe presencia de humedad.
6	30.00	27.80	
7	32.60	30.20	
8	25.80	23.70	



**IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS TESTS**



**5.4 PRUEBAS DE CONCRETO**

**GRANULOMETRÍA**

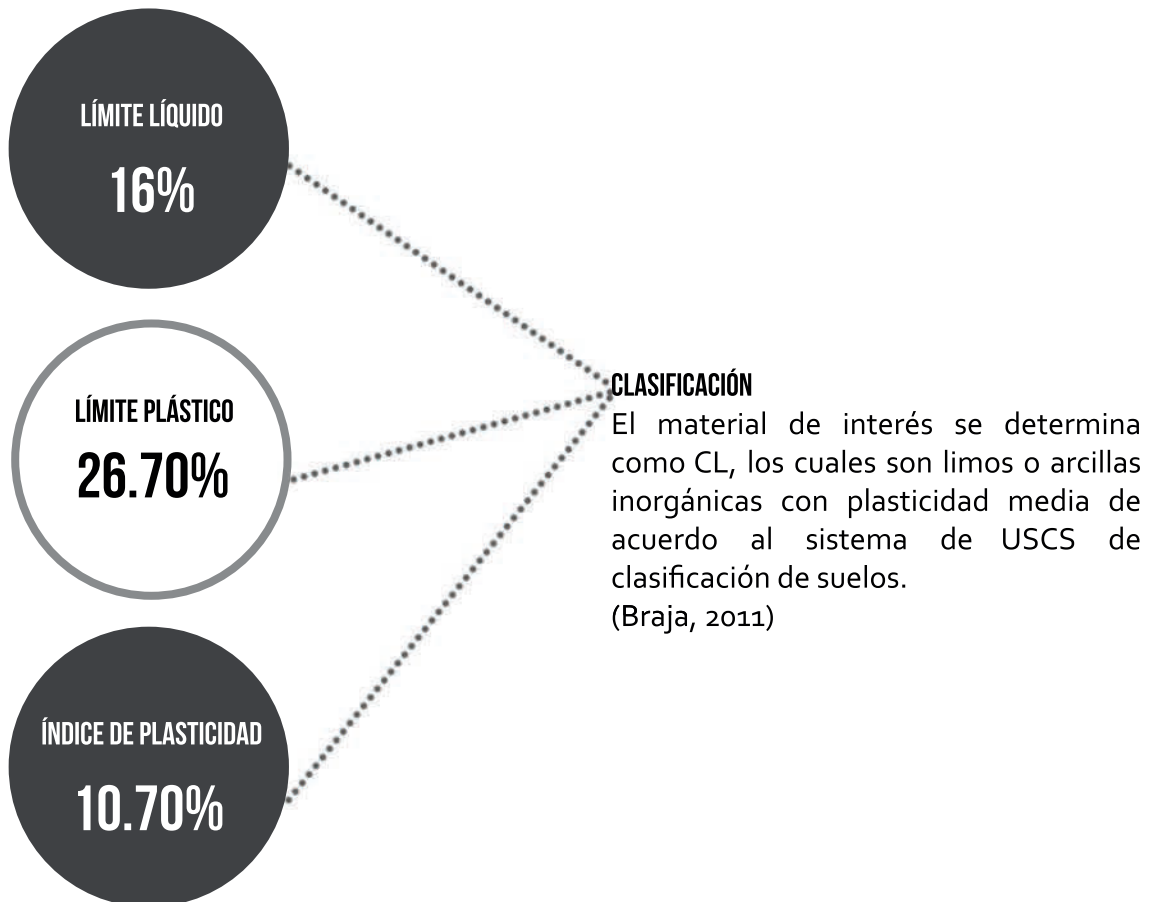
Porcentajes de composición del material con respecto a su clasificación granulométrica.



CLASIFICACIÓN	%
GRAVA	6.00
ARENA GRUESA	7.00
ARENA MEDIA	43.00
ARENA FINA	44.00

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Caracterización del comportamiento de los suelos finos.



## 5.4 COMPRESIÓN

La metodología de compresión tiene como finalidad obtener el valor de resistencia a la presión por unidad de superficie (kg/cm<sup>2</sup>), dicha metodología en materia de construcción está regulada por la NMX-C-083-ONNCCE-2014 y ASTM C39/C39.

### RESULTADOS



El comportamiento de los cilindros de tierra fue diferente a lo que usualmente presenta los de concreto, ya que sólo se observaron algunas grietas después de la compresión y sin deformación del cilindro.

## 5.5 CONCLUSIÓN

Los diversos tipos de pruebas, fueron realizadas para saber el comportamiento físico y estructural que tiene la tierra como material de construcción. Dichos estudios comprobaron que el tipo de tierra extraída en el sitio es óptima para realizar una propuesta arquitectónica en CITAP UPAEP, donde el sistema constructivo ideal a utilizar es tierra compactada o tapial.

Por otro lado, los resultados obtenidos en los métodos de control nos dan una referencia para efectuar la comparación del impacto ambiental entre un material natural (tierra) y un material industrializado (concreto) por el consumo de agua y electricidad, así como la cantidad de bióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) que éstos generan:

### CEMENTO

370 LITROS DE AGUA / T. DE CEMENTO  
SE UTILIZAN DURANTE SU FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN CON LA MISMA.

POR TONELADA DE CEMENTO, EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD ES DE:

116 KWH / T. DE CEMENTO

POR TONELADA DE CEMENTO, SE GENERA:

75.4 KG CO<sub>2</sub>eq / T. DE CEMENTO

### TIERRA

172 LITROS DE AGUA / T. DE MEZCLA BIOCONSTRUCCIÓN  
SE UTILIZAN PARA REALIZAR UNA MEZCLA BIOCONSTRUCTIVA.

SE EMPLEA Poca ELECTRICIDAD, TODO ESFUERZO EMPLEADO ES MANUAL.

SE EVITARÍA GENERAR:

18,018,000 KG CO<sub>2</sub>eq

AL UTILIZAR PACAS DE PAJA PARA CONSTRUIR, EVITANDO LA QUEMA DE RESIDUOS AGRÍCOLAS.





# CONCLUSIÓN


## 6. CONCLUSIÓN

Actualmente, retomar la tierra como material constructivo es un tema que sigue siendo desconocido para muchos arquitectos y constructores, debido a la poca difusión del tema y la practicidad de utilizar materiales industrializados; "Análisis de sistemas constructivos para la bioconstrucción" es un proyecto que surgió a partir del interés por mostrar las diversas alternativas constructivas que son justas con el medio ambiente, mediante fichas técnicas que resume la información esencial para ser aplicados y conocer las ventajas que ofrece una edificación con elementos naturales; dichas ventajas se ven reflejadas en proyectos arquitectónicos ubicados en la región Puebla - Tlaxcala, donde exhiben la aplicación, calidad y durabilidad de los materiales, demostrando que las técnicas bioconstructivas no carecen de estabilidad estructural, no son anticuadas y pueden ser ejecutadas en proyectos contemporáneos situados en ámbitos urbanos y rurales, utilizando tecnologías eficientes y económicamente amables.

Es una alternativa para el desarrollo sostenible de la región ya que promueve el trabajo comunitario, la educación ambiental, la identidad cultural y el sentido de pertenencia y respeto hacia la naturaleza, lo cuál aumenta el interés por estudiar y conocer las características del suelo por medio de métodos de control y pruebas de laboratorio, que dan un panorama amplio de las propiedades físicas y químicas de la tierra.

Se pretende que este documento sea una iniciativa para proponer futuras políticas de construcción en nuestro país, que respalden los sistemas bioconstructivos y valoren el uso de materiales naturales en la vivienda, recuperar la riqueza cultural de las técnicas reflejadas en la arquitectura vernácula, así como continuar con estudios e investigaciones que faciliten la difusión del tema.

*Por una arquitectura responsable y humana, que ofrezca un espacio donde se viva mejor.*







# BIBLIOGRAFÍA





## REFERENCIA IMÁGENES Y FIGURAS

- Imagen 1.1:** esquema que simplifica los materiales constructivos mas importantes de la Muralla China.  
**Pág. 6** Fuente: Elaboración Propia / Imagen: <http://www.nationalgeographic.com>
- Imagen 1.2:** esquema que simplifica los materiales constructivos mas importantes de la Pirámide de Cholula, Puebla.  
**Pág. 6** Fuente: Elaboración e imagen propia.
- Imagen 1.3:** Línea del tiempo de construcciones hechas con tierra  
**Pág. 7** Fuente: Elaboración e imagen propia; (Minke G. 2005 p.12).
- Figura 1.2.1:** Gráfico de Generación Promedio de Residuos de Manejo Especial en México.  
**Pág. 8** Fuente: (INE, SEMARNAT, 2012, p.61)
- Figura 1.2.2:** Gráfico del Consumo final Energético en México, 2011.  
**Pág. 9** Fuente: (Secretaría de Energía, 2011)
- Figura 1.2.3:** Gráfico del proceso de la elaboración del cemento.  
**Pág. 10** Fuente: (<http://archive.cemex.com> /Elaboración propia).
- Figura 1.2.4:** Gráfico que muestra los 4 elementos principales para tener una vivienda digna según la Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico OCDE.  
**Pág. 12** Fuente: (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos).
- Figura 1.2.5:** Principales componentes que generan el síndrome del edificio enfermo  
**Pág. 13** Fuente: (OMS, 1982). Elaboración propia.
- Figura 1.2.6:** Distribución de clases sociales en México.  
**Pág. 14** Fuente: (INEGI, 2013).
- Figura 1.2.7:** Indicadores de bienestar económico para la población total, 2010 y 2012.  
**Pág. 14** Fuente: (CONEVAL, 2013, P. 2).
- Figura 1.2.8:** Porcentaje de población marginada por percepción de facilidad para obtener distintos tipos de apoyo. Nota: los gráficos no suman 100 porque no se grafica la opción de "ni fácil ni difícil".  
**Pág. 15** Fuente: (CONEVAL, 2013, P. 130).
- Figura 1.2.9:** Esquema que muestra las causas por las cuáles se ha perdido la difusión de la educación ambiental.  
**Pág. 17** Fuente: (Toledo V, Boada M., 2003, p. 104).
-



## REFERENCIA IMÁGENES Y FIGURAS

- Pág. 23** **Figura 2.1.1:** Esquema de relación entre desarrollo sustentable y permacultura.  
Fuente:(Toledo V., Boada M., 2003/ Elaboración propia).
- Pág. 25** **Figura 2.2.1:** Flor de la permacultura  
Fuente: (Holmgren, D., 2013).
- Pág. 26** **Figura 2.2.2:** " Espiral del metabolismo urbano", señalando las acciones de mitigación frente al cambio climático, asociados con los principios de la permacultura.  
Fuente: (Holmgren D., 2013, p.3)/ Elaboración propia.
- Pág. 27** **Figura 2.2.3:** Principios éticos y de diseño de la permacultura  
Fuente: (Holmgren D., 2013, p.3)/ Elaboración propia.
- Pág. 29** **Figura 2.3.1:** Esquema que muestra las ventajas de una ubicación adecuada  
Fuente: (Hernández, C., 2007 p.90/ Elaboración propia).
- Pág. 30** **Figura 2.3.2:** Esquema que muestra el aprovechamiento de la orientación para la ubicación de fachadas de un edificio.  
Fuente: (Hernández C., 2007, p. 75).
- Pág. 30** **Figura 2.3.3:** Distintas distribuciones para aprovechar positivamente los factores externos como la vegetación, topografía y dirección del viento.  
Fuente: (Hernández C., 2007, p. 71).
- Pág. 31** **Figura 2.4.1:** Esquema que representa los movimientos de replanteamiento tecnológico asociadas al ambientalismo.  
Fuente: (Ortiz J., Masera O., 2014, p.15).
- Pág. 32** **Figura 2.4.2:** esquema de los diferentes tipos de ecotecnias.  
Fuente: (Ortiz J., Masera O., 2014, p.28).
- Pág. 35** **Figura 2.6.1:** Esquema que demuestra el devenir descontrolado de un centro urbano que ha provocado la sobreexplotación de recursos naturales  
Fuente: (Díaz C., 2014, p.58).
-

Azoteas Verdes en Guadalajara, (2012), *Manual de agricultura urbana*, México: Guadalajara.

Boada M., Toledo V., (2003), *El planeta, nuestro cuerpo, La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad*, México : FCE,SEPM CONACYT.

Brechelt A., (2004), *El manejo ecológico de plagas y sus enfermedades*, Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA), Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL) . Chile: Santiago de Chile.

Cabrera P., (2011). *Colección buenas prácticas: Aboneras tipo Bocashi*, Programa extraordinario de apoyo a la Seguridad Alimentaria y Nutricional, Guatemala.

Carazas W., Rivero A., (2002), *Bahareque, guía de construcción antisísmica*, Edición: Craterre.

Castillo L., (2002) *Sanitario ecológico seco: manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento*, México: Guadalajara.

Castro, M. E., (1999), *Habitabilidad, medio ambiente y ciudad. II Congreso Latinoamericano: "El habitar. Una orientación para la investigación proyectual"*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

CEMEX,(2015), *Informe del desarrollo sustentable 2015*, México: D.F

Comisión Nacional Forestal, (2007), *Seis ecotecnologías sustentables*, México.

Comisión Nacional Forestal, (2008), *Tecnologías alternativas para el uso eficiente de recursos*, México: Zapopan Jalisco.

Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos indígenas, (2008), *Programa Organización Productiva para Mujeres Indígenas: Serie cuidando nuestro ambiente (Lombricomposta)*. México: D.F.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, (2014),*La Pobreza en la Población Indígena en México 2012*, México: D.F, CONEVAL 2014.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, (2012), *Pobreza y rezago Social, México*, México: D.F.

Cortina A., (2002), *Por una ética del consumo, la ciudadanía de consumidor en un mundo global*, España: Santillana ediciones generales.

Cuchí A.,(2008), *Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10x10 con Techo Chiapas del CYTED*, Barcelona.

---

- Deffis Caso A., (1994), *La Casa Ecológica Autosuficiente*. México: Árbol Editorial.
- Delgado C., (2011), *Diseño y construcción sostenibles: realidad ineludible*. México: Universidad Iberoamericana.
- Departamento de Ciencias Biológicas. (2013), *Laboratorio de Edafología y Geología*. México: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.
- Díaz C., (2014), *Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades*. Interdisciplina 2, Colombia: Universidad Central Colombia.
- Edwards B., (2009), *Guía básica de la Sostenibilidad*, Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Fernández L., Rojas N., Roldán T., (2006), *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados*, México: D.F.
- Fondo Nacional de Habitaciones Populares, (2010), *Diagnóstico de las necesidades y rezago en materia de vivienda de la población en pobreza patrimonial*, México.
- Fundación para la Implementación, Diseño, Evaluación y Análisis de Políticas Públicas, (2013), *Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable*. México: Embajada británica en México
- Fundación IDEA A.C., (2010), *Componente Ambiental de la Sustentabilidad*, México.
- González R., (2014), *La pobreza en la población de México de 2012*, México.
- Gutiérrez, M., (2010), *Inventario de elementos tóxicos peligrosos y contaminantes en materiales de construcción*, México: Documento recuperado en digital.
- Hernández C., (2010) *Un Vitruvio ecológico, principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*, Editorial Gustavo Gili.
- Ihiza, (en línea), 2012, ( Fecha de consulta: 1 de Febrero 2017) Disponible en: <http://www.euskadi.net/ihiza>
- Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, Domínguez J., (en línea), 1995, *Las arcillas: el barro noble*, (Fecha de consulta: 28 de mayo 2017) Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2013), *México en el mundo 2013 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. México : INEGI.
- Instituto de Ecología A,C, (2014), *Las tres R: una opción para cuidar nuestro planeta*, México: artículo en línea.
-



Jeavons J., (2002), *Cultivo Biointensivo de alimentos, una publicación de Cultive Biointensivamente R.*, sexta edición, Ecology Action, Estados Unidos: California.

Jolly R., (1976), *The World Employment Conference: The Enthronement of Basic Needs. Development Policy Review.*

Lengen J., (1989), *Manual del Arquitecto Descalzo: como construir casas y otros edificios.*, México: Editorial Concepto S.A.

Martins C., Borges O., Rotondaro R. R; Cevallos, P. S.; Hoffmann, Márcio Vieira. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo.*

Minke G., (2005), *Manual de Construcción en Tierra*, Alemania: Editorial Fin de Siglo.

Miranda J., (2011), *Economía: Subió el 20% el precio de la vivienda en tres años*, México: Documento recuperado en digital; Periódico La Jornada.

Mollison B., Holmgren D., (1978), *Permaculture One* , Australia: Sidney, New South Wales

NECC, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2013), *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos.* México.

Organización de las Naciones Unidas,(1987), *Informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo:* documento en digital.

Ortiz J. A. , Masera O.R., Fuentes A.F., (2014), *La ecotecnología en México*, México: Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. Editorial Imagina Comunicación.

Palmer R., Troeh F., (1980), *Introducción a la ciencia del suelo. Manual de laboratorio*, México: Editor, S.A.

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2011), *Informe Anual Profepa 2010*, México.

Revista Eco habitar: Zalbalza I, Díaz S., Aranda A., Scarpellini S, (2014), *Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida* , España.

Salud sin límites, (2015), *Manual de construcción de baño ecológico seco*, Perú.

Sánchez A., (2012) *Bioconstrucciones: lo viejo visto con ojos nuevos*, Horizontes, Revista Arquitectura. Recuperado de: <http://www.iboenweb.com/>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y alimentación, (2015), *Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación del ganado*, México: SAGARPA.

---

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2009), *El huerto familiar biointensivo Introducción al método de cultivo biointensivo, alternativa para cultivar más alimentos en poco espacio y mejorar el suelo*, México: (edición digital Semarnat 2010).

Serrano P., (2014), *La permacultura como herramienta de diseño para una arquitectura verdaderamente sustentable*, Documento de Tesis en digital: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, (2014), *Manual de construcción de estructuras con Bambú*, Perú: Lima

Silvestre E. ; Bueno M., (2009), *La Casa Saludable*, México: Editorial TimunMas.

Vega A., Vázquez E., (2005), *Manual de agricultura orgánica*, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias: Universidad de Guadalajara, México.

Weingberg J., (2009) *Guía para las ONG sobre los contaminantes orgánicos persistentes (COP)*: documento en digital.

#### **FUENTES WEB**

<http://cuentame.inegi.org.mx/>  
<http://www.semarnat.gob.mx/>  
<http://www.geobiologia.org/gea/bioconstruccion/>  
<http://construccionecologica.com/decalogo.html>  
<http://www.tierratec.com/>  
<http://www.tierramor.org/>  
<http://superadobemexico.blogspot.mx/>  
<http://ecotec.cieco.unam.mx/ECotec/>  
<http://www.greenpeace.org/>  
<http://www.cemex.com.mx/>  
<http://www.construtierra.org/>  
<http://www.cafeyaguarorganico.com/>  
<http://www.granjatequio.com/>  
<http://www.jardinetnobotanico.org>  
<http://www.proyectosanisidro.com>  
<http://ecotec.unam.mx/ECotec/>  
<http://www.es.lowtechmagazine.com/>

#### **ACRÓNIMOS**

CDI: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

CONAPO: Consejo Nacional de Población.

#### **ACRÓNIMOS**

CONEVAL: Consejo Nacional de Evaluación Política de Desarrollo Social.

FONHAPO: Fondo Nacional de Habitaciones Populares.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SENER: Secretaría de Energía.

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.